



TUGAS AKHIR - SF141501

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS
UNTUK IDENTIFIKASI ZONA BIDANG GELINCIR
TANAH LONGSOR STUDI KASUS DESA NGLAJO
KEC. CEPU KAB. BLORA**

**Eka Yuliana
NRP 1113 100 020**

**Dosen Pembimbing
Dr.rer.nat Eko Minarto, S.Si, M.Si
FX. Yudi Tryono, S.T, M.T**

**Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - SF141501

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS
UNTUK IDENTIFIKASI ZONA BIDANG GELINCIR
TANAH LONGSOR STUDI KASUS DESA NGLAJO
KEC. CEPU KAB. BLORA**

**Eka Yuliana
1113100020**

**Dosen Pembimbing
Dr.rer.nat Eko Minarto, S.Si, M.Si
FX. Yudi Tryono, S.T, M.T**

**Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SF141501

**APPLICATIONS OF ELECTRICAL RESISTIVITY
METHOD FOR IDENTIFYING LANDSLIDE SLIP
SURFACE A CASE STUDY IN NGLAJO VILLAGE
KEC. CEPU, KAB. BLORA**

**Eka Yuliana
NRP 1113 100 020**

Advisors

**Dr.rer.nat Eko Minarto, S.Si, M.Si
FX. Yudi Tryono, S.T, M.T**

**Physics Departement
Faculty of Mathematics and Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN
JENIS UNTUK IDENTIFIKASI ZONA BIDANG
GELINCIR TANAH LONGSOR STUDI KASUS DESA
NGLAJO KEC. CEPU KAB. BLORA**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Studi Geofisika
Program Studi S-1 Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Eka Yuliana
1113 100 020**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr.rer.nat Eko Minarto, S.Si, M.Si

(.....)

FX. Yudi Tryono S.T, M.T

(.....)



**APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN
JENIS UNTUK IDENTIFIKASI ZONA BIDANG
GELINCIR TANAH LONGSOR STUDI KASUS DESA
NGLAJO KEC. CEPU KAB. BLORA**

Nama Penulis : Eka Yuliana
NRP : 1113 100 020
Departemen : Fisika FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr.rer.nat Eko Minarto, S.Si, M.Si
FX. Yudi Tryono, S.T, M.T

Abstrak

Metode geofisika semakin banyak digunakan untuk investigasi tanah longsor. Longsor secara periodik dipicu oleh curah hujan kritis, dan distribusi kadar air bawah permukaan merupakan faktor kunci yang mempengaruhi stabilitas lapisan tanah. Begitu pula yang ditemui disekitar Jalan Taman Bahagia sebelah selatan Taman Makam Pahlawan Nglajo Kecamatan Cepu terjadi gerakan permukaan tanah yang menyebabkan jalan utama komplek perumahan Nglajo rusak walaupun sudah beberapa kali diperbaiki. Analisa data lapangan diperoleh berdasarkan survei geolistrik tahanan jenis dengan metode konfigurasi Wenner dan Dipole-dipole. Zona bidang gelincir dapat terlihat pada penampang resistivitas 2D yang teletak di lintasan 2, 3 dan 4. Dimana bidang gelincir pada daerah penelitian merupakan bidang batas antara batuan dengan nilai resistivity kurang dari 2,4 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan aluvium berupa batuan lempung dari Formasi Lidah tersebar dan membentang dari arah utara ke selatan. dengan kedalaman yang berbeda-beda dari 0,5 hingga 11 meter dibawah permukaan tanah.

Kata Kunci: Resistivitas, Tanah Longsor, dan Zona Bidang Gelincir

**APPLICATIONS OF ELECTRICAL RESISTIVITY
METHOD FOR IDENTIFYING LANDSLIDE SLIP
SURFACE A CASE STUDY IN NGLAJO VILLAGE
KEC. CEPU, KAB. BLORA**

Autor : Eka Yuliana
NRP : 1113 100 020
Department : Fisika FMIPA-ITS
Advisors : Dr.rer.nat Eko Minarto, S.Si, M.Si
FX. Yudi Tryono, S.T, M.T

Abstract

Geophysical methods are increasingly being used for landslide investigations. Landslides are periodically triggered by critical rainfall, and subsurface water distribution is a key factor affecting the stability of the soil layer. Similarly, encountered at Taman Bahagia street around south of the Heroes Cemetery Nglajo Cepu Sub-District there was a ground surface movement that caused the main road of Nglajo housing complex was damaged although it has been repaired several times. Field data analysis where resistivity values obtained are based on electrical resistivity surveys using Wenner and Dipole-dipole configuration methods. The slip surface zone can be seen in the 2D resistivity cross sections that located on tracks 2, 3 and 4. Where the slip surface in the study area is the boundary area between the rocks with a resistivity value of less than $2.4 \Omega m$ interpreted as alluvium rock in the form of clay rock from the spreaded Lidah Formation And stretching from north to south. With different depths from 0.5 to 11 meters below ground level.

Keywords: Resistivity, Landslide, and Slip Field Zone

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur kami ucapkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala, karena hanya atas rahmat dan karunia-Nya penulisan buku Tugas Akhir yang berjudul **“Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Identifikasi Zona Bidang Gelincir Tanah Longsor Studi Kasus Desa Nglajo Kec. Cepu Kab. Blora”** telah diselesaikan dengan baik.

Dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan tingkat sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, maka kami selaku mahasiswa dapat mengambil kesempatan ini untuk menyelesaikan dan menerapkan ilmu yang telah kami peroleh di Perguruan Tinggi sebagai acuan dalam menyelesaikan penulisan buku ini.

Selama penulisan buku Tugas Akhir ini, penulis banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu kami ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang kami tujukan kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga atas limpahan kasih sayang serta do'a dan dukungan moral serta materiil yang diberikan.
2. Bapak Eko Minarto dan Bapak Yudi Tryono selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan, saran, motivasi serta memberikan masukan berharga demi kesempurnaan proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Bagus Jaya Santosa dan Bapak Heru Sukanto, M.Si selaku dosen penguji pada Sidang Tugas Akhir saya.
4. Bapak Yono Hadi Pramono selaku ketua Departemen Fisika FMIPA ITS dan dosen wali saya selama empat tahun berkuliah di Departemen Fisika yang telah

memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.

5. Seluruh pihak yang telah memberi saya kesempatan untuk melakukan proses pengolahan data di Laboratorium Geologi PPSDM Migas Cepu.
6. Terimakasih banyak kepada teman-teman SUPERNOVA 2013 yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu-persatu.
7. Teman-teman seperjuangan bidang minat Geofisika yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas ini.
8. Teman seperjuangan saya Romandah Kusuma sebagai partner dalam menyelesaikan proses pengerjaan Tugas Akhir ini saat di Cepu maupun di Surabaya.
9. Semua pihak yang ikut mendukung terselesaikannya laporan tugas ini.

Penulis menyadari akan keterbatasan dan kekurangan pada tulisan ini, oleh karena itu penulis berbesar hati menerima saran dan masukan dari semua pihak yang sifatnya membangun demi hasil yang lebih baik sehingga di dalam pembuatan laporan yang akan datang akan jauh lebih sempurna.

Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan ke depan, demi kemajuan ITS pada umumnya dan Fisika pada khususnya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar pengesahan.....	iii
Abstrak	iv
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Lampiran	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sifat Kelistrikan Bumi.....	5
2.1.1 Konsep Dasar Resistivitas	5
2.1.2 Sifat Kelistrikan Bumi Homogen Isotropis	7
2.1.3 Konsep Resistivitas Semu	9
2.2 Metode Geolistrik Resistivitas	11
2.2.1 Prinsip Metode Geolistrik Resistivitas	11
2.2.2 Survei Geolistrik Konfigurasi Wenner	14
2.2.3 Survei Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole.....	17
2.2.4 Metode Geolistrik untuk Karakterisasi Bawah Permukaan.....	19
2.3 Inversi Data Resistivitas 2 Dimensi	21
2.3.1 Pemodelan Kedepan (Forward Modelling)	21
2.3.2 Pemodelan Kedepan Metode Resistivitas 2D.....	23
2.3.3 Pemodelan Inversi	25
2.4 Tanah Longsor	25
2.4.1 Pengertian Tanah Longsor.....	25
2.4.2 Bidang Gelincir Tanah Longsor	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Lokasi Daerah Penelitian	33
3.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	35
3.3 Tahapan Penelitian	37
3.4 Pengolahan Data.....	40
3.5 Interpretasi Data	41
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa Data	43
4.1.1 Akuisisi Data Lapangan	43
4.1.2 Pengolahan Data dengan Res2DInv	45
4.1.3 Pengolahan Data dengan AGI EarthImager 2D..	46
4.2 Hasil Interpretasi Penampang Resistivitas 2D	48
4.2.1 Interpretasi Data Data dengan Res2DInv	48
4.2.2 Interpretasi Data dengan AGI EarthImager 2D ..	53
4.2.3 Interpretasi Dengan Data Sounding.....	55
4.2.4 Interpretasi Zona Bidang Gelincir Tanah Longsor	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN A	71
LAMPIRAN B	77
LAMPIRAN C	80
LAMPIRAN D	92
BIODATA PENULIS	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tahanan listrik pada medium yang timbul akibat dialiri arus listrik	5
Gambar 2.2	Arus Tunggal di Permukaan Medium Homogen Isotropis	9
Gambar 2.3	Susunan elektroda pada survei geolistrik tahanan jenis	12
Gambar 2.4	Elektroda arus (C) dan elektroda potensial (P) konfigurasi Wenner	15
Gambar 2.5	Konfigurasi Wenner (a) Susunan elektroda	16
	(b) Pola <i>pseudosection</i>	16
Gambar 2.6	Susunan elektroda konfigurasi Dipole-dipole	18
Gambar 2.7	Alur pemodelan inversi	21
Gambar 2.8	Alur pengolahan data pada pengukuran lapangan	22
Gambar 2.9	Contoh penampang yang telah diolah dengan Inversi a) Pseudosection Apparent resistivity yang terukur	23
	b) Model inversi least-squares smoothness konvensional	23
	c) Model inversi dengan Robust	23
Gambar 2.10	Ilustrasi macam – macam bidang gelincir a) Bentuk bidang gelincir rotation slide	30
	b) Bentuk bidang gelincir translational slide	30
Gambar 3.1	Diagram alur penelitian	31
Gambar 3.2	Diagram alur pengolahan data	32
Gambar 3.3	Lokasi daerah penelitian	34
Gambar 3.4	Peta geologi daerah penelitian	36

Gambar 3.5	Peta lintasan akuisisi data survei geolistrik	38
Gambar 4.1	Peta topografi 2D dan 3D lintasan akuisisi data	44
Gambar 4.2	Penampang resistivitas 2D hasil inversi dengan Res2DInv pada lintasan 1	45
Gambar 4.3	Grafik <i>Convergence Curve of Resistivity Inversion</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 2	47
Gambar 4.4	Grafik <i>Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity</i> data hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 2	47
Gambar 4.5	Penampang hasil pengolahan data resistivitas dengan Res2DInv pada lintasan 3	50
Gambar 4.6	Penampang hasil pengolahan data resistivitas dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 3	54
Gambar 4.7	Interpretasi bawah permukaan titik <i>sounding</i> lintasan 3	56
Gambar 4.8	Korelasi satuan peta geologi wilayah Cepu dan sekitarnya	58
Gambar 4.9	Keterangan peta geologi wilayah Cepu dan sekitarnya	59
Gambar 4.10	Korelasi keenam penampang resistivitas 2D	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konfigurasi elektroda pada metode geolistrik	14
Tabel 2.2	Nilai resistivitas pada batuan,tanah dan mineral	20
Tabel 3.1	Spesifikasi lintasan pengukuran	37
Tabel 4.1	Hasil interpretasi lapisan tanah pada titik sounding lintasan 3	57

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1	Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 1	71
Gambar 2	Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 2	72
Gambar 3	Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 3	73
Gambar 4	Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 4	74
Gambar 5	Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 5	75
Gambar 6	Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 6	76
Gambar 7	<i>Datum point</i> penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 1	77
Gambar 8	<i>Datum point</i> penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 2	77
Gambar 9	<i>Datum point</i> penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 3	78
Gambar 10	<i>Datum point</i> penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 4	78
Gambar 11	<i>Datum point</i> penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 5	79
Gambar 12	<i>Datum point</i> penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 6	79
Gambar 13	Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 1	80
Gambar 14	Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 1	81
Gambar 15	Grafik <i>Convergence Curve of Resistivity Inversion</i> hasil inversi dengan AGI <i>EarthImager 2D</i> pada lintasan 1	81

Gambar 16	Grafik <i>Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 1	81
Gambar 17	Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 2	82
Gambar 18	Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 2	83
Gambar 19	Grafik <i>Convergence Curve of Resistivity Inversion</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 2	83
Gambar 20	Grafik <i>Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 2	83
Gambar 21	Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 3	84
Gambar 22	Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 3	85
Gambar 23	Grafik <i>Convergence Curve of Resistivity Inversion</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 3	85
Gambar 24	Grafik <i>Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 3	85
Gambar 25	Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 4	86
Gambar 26	Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 4	87
Gambar 27	Grafik <i>Convergence Curve of Resistivity Inversion</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 4	87

Gambar 28	Grafik <i>Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 4	87
Gambar 29	Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 5	88
Gambar 30	Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 5	89
Gambar 31	Grafik <i>Convergence Curve of Resistivity Inversion</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 5	89
Gambar 32	Grafik <i>Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 5	89
Gambar 33	Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 6	90
Gambar 34	Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 6	91
Gambar 35	Grafik <i>Convergence Curve of Resistivity Inversion</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 6	91
Gambar 36	Grafik <i>Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data</i> hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 6	91
Gambar 37	Hasil pengolahan data sounding dengan perangkat lunak IP2Win pada Lintasan 3	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana tanah longsor telah menyebabkan kerusakan infrastruktur yang luas dan mengancam kehidupan manusia selama berabad-abad. Longsor ini secara periodik dipicu oleh curah hujan kritis dan distribusi kadar air bawah permukaan merupakan faktor kunci yang mempengaruhi stabilitas lapisan tanah. Selain itu, ada potensi kejadian bencana tanah longsor dapat meningkat di masa depan karena perubahan iklim. Begitu pula yang ditemui di Desa Nglajo Kecamatan Cepu, disekitar Jalan Taman Bahagia sebelah selatan Taman Makam Pahlawan Nglajo sering terjadi gerakan tanah yang menyebabkan jalan utama disepanjang jalan komplek perumahan Nglajo selalu rusak walaupun sudah beberapa kali diperbaiki.

Perubahan parameter fisik tanah dapat diidentifikasi adanya pergerakan tanah. Gerakan berlangsung dalam lapisan geologi yang homogen, tetapi mengubah karakter fisik lapisan tanah. Survei geofisika yang diterapkan pada kasus pergerakan tanah dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat lateral longsor, kedalaman permukaan longsor dan juga untuk mendeteksi zona jenuh air. *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) telah menjadi metode geofisika standar untuk melakukan penyelidikan dan pencitraan suatu daerah untuk menemukan potensi terjadinya tanah longsor. Karena ERT memberi informasi langsung mengenai kondisi bawah permukaan, hal ini sangat tepat diterapkan disamping itu teknik lain yang membutuhkan kalibrasi dan validasi.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui susunan lapisan bawah permukaan tanah, sehingga dapat diketahui penggambaran pergerakan massa tanah, tingkat lateral longsor serta adanya zona bidang gelincir yang memiliki

kedalaman serta arah tertentu yang ada pada daerah longsoran. Hasil investigasi longsor mengungkapkan bahwa pendekatan terpadu pencitraan geofisika berhasil mencapai pemahaman rinci tentang struktur dan litologi dari sistem tanah longsor yang kompleks, yang tidak dapat dicapai melalui penggunaan data penginderaan jauh.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pendugaan adanya potensi tanah longsor di Desa Nglajo Kecamatan Cepu Kabupaten Blora dengan mengidentifikasi adanya zona bidang gelincir tanah longsor pada daerah tersebut.
2. Bagaimana pola resistivitas tanah, susunan, dan kedalaman lapisan tanah di area penelitian yang diduga terdapat bidang gelincir tanah longsor, dengan mengaplikasikan metode geolistrik tahanan jenis.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi struktur bawah permukaan tanah dengan menerapkan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner dan konfigurasi Dipole-dipole untuk studi kasus tanah longsor.
2. Mengetahui letak bidang gelincir tanah longsor di Desa Nglajo Kecamatan Cepu Kabupaten Blora melalui identifikasi penampang lapisan tanah hasil interpretasi yang diperoleh dari analisa data geolistrik.
3. Mengidentifikasi susunan lapisan bawah permukaan tanah, sehingga dapat diketahui penggambaran pergerakan massa tanah, tingkat lateral longsoran serta adanya zona bidang gelincir pada area penelitian, mengetahui posisi, kedalaman dan arah dari bidang gelincir tanah longsor.

1.4 Batasan Masalah

Pada laporan tugas akhir ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Dilakukan analisa data geolistrik untuk pendugaan zona bidang gelincir tanah longsor di area penelitian Desa Nglajo Kecamatan Cepu Kabupaten Blora didasarkan pada nilai resistivitas yang terukur pada tiap lapisan batuan bawah permukaan. Dimana nilai resistivitas yang diperoleh berdasarkan survei geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi Wenner dan konfigurasi Dipole-dipole.
2. Analisa data yang dilakukan dengan menggunakan interpretasi dua dimensi Res2Dinv dan AGI EarthImager 2D sebagai pemodelan kondisi struktur bawah permukaan daerah pengamatan.

1.5 Manfaat Penelitian

Kebermanfaatan yang dapat diberikan dari hasil penelitian yang tercantum pada laporan Tugas Akhir:

1. Secara umum, penelitian ini bermanfaat sebagai sarana mengembangkan pemodelan untuk meramalkan mekanisme tanah longsor. Selain dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian investigasi tanah longsor selanjutnya, studi ini juga dapat memberi pemahaman mengenai struktur dan litologi dari sistem tanah longsor.
2. Bagi peneliti, bermanfaat sebagai sarana mengaplikasikan disiplin ilmu yang telah diperoleh dan dimiliki baik di dalam maupun di luar pendidikan formal. Serta dapat menjadi sarana meningkatkan ketrampilan dalam rangkaian proses penelitian geolistrik sesuai dengan ilmu yang dimiliki.

1.6 Sistematika Laporan

Laporan Tugas Akhir ini tersusun secara sistematis dan urut. Adapun sistematika penulisan laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan
Bagian ini terdiri dari latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka
Meliputi teori-teori dasar yang dijadikan sebagai landasan pelaksanaan penelitian yang diambil dari berbagai sumber pustaka.
3. Bab III Metodologi Penelitian
Bagian ini menjelaskan mengenai langkah-langkah penelitian hingga diperoleh data dari pelaksanaan pengambilan data di lapangan. Bagian ini terdiri dari prosedur pengambilan data lapangan yang disertai diagram alur, diskripsi area penelitian ditinjau dari lokasi geografis dan kondisi geologi, tahapan penelitian, pengolahan data dan interpretasi.
4. Bab IV Analisa dan Pembahasan
Berisikan analisa data yang telah didapatkan, kemudian dilakukan pembahasan terhadap hasil interpretasi sebagai langkah untuk menarik kesimpulan.
5. Bab V Kesimpulan dan Saran
Bagian ini berisikan kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian setelah dilakukan pembahasan serta saran yang ditunjukkan untuk penelitian berikutnya yang lebih lanjut.

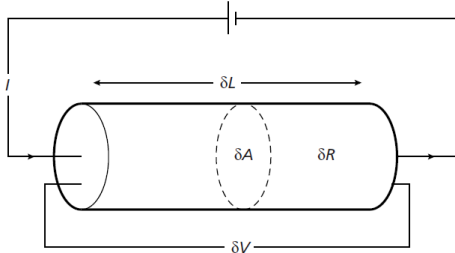
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat Kelistrikan Bumi

2.1.1 Konsep Dasar Resistivitas

Setiap material pada umumnya memiliki sebuah sifat menghambat aliran listrik yang melalui material tersebut. Hukum Ohm yang pertama kali dicetuskan oleh George Simon Ohm. Dalam pernyataannya bahwa beda potensial (dalam satuan volt) yang timbul di ujung-ujung suatu medium berbanding lurus dengan arus listrik (dalam satuan ampere) yang mengalir pada medium tersebut. Selain itu George Simon Ohm juga menyatakan bahwa tahanan listrik berbanding lurus dengan panjang medium dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. (Sadiku, 2012)



Gambar 2.1 Tahanan listrik pada medium yang timbul akibat dialiri arus listrik (Kearey, 2002)

Resistivitas suatu medium adalah tahanan atau hambatan yang diberikan oleh medium tersebut terhadap arus listrik yang melaluinya, semakin besar hambatan yang di diberikan semakin besar pula resistivitasnya.

$$V \sim I \quad \dots(2.1)$$

$$R = \frac{V}{I} \quad \dots(2.2)$$

Dimana R adalah nilai resistansi atau faktor tetap yang disebut dengan hambatan atau tahanan listrik dalam satuan ohm (Ω). Arus listrik didefinisikan sebagai jumlah muatan listrik positif (dq) yang melewati penampang penghantar dalam arah yang tegak lurus tiap satuan waktu (dt), sesuai dengan persamaan:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad \dots(2.3)$$

Kuat medan listrik E pada suatu medium penghantar sebanding dengan beda potensial ΔV dan berbanding terbalik dengan panjang medium penghantar l . Dimana sesuai dengan persamaan:

$$E = \frac{\Delta V}{l} \quad \dots(2.4)$$

Besaran rapat arus listrik (J) merupakan besaran vektor arus listrik tiap satuan luas medium penghantar, yaitu

$$J = \frac{I}{A} \quad \dots(2.5)$$

Apabila sebuah medium penghantar bersifat homogen isotropis dialiri oleh arus listrik searah (I) dengan kuat medan listrik E (volt/meter), maka elemen arus (dI) yang melalui suatu elemen luas (dA) dengan rapat arus (J) akan berlaku suatu hubungan

$$J = \frac{dI}{dA} = \frac{\Delta V}{\rho l} \text{ atau } J = \frac{E}{\rho} = \sigma E \quad \dots(2.6)$$

Dengan σ adalah nilai konduktivitas medium penghantar dan ρ adalah nilai resistivitas medium penghantar, dimana dalam hal ini adalah medium homogen isotropis. Dimana hubungan antara nilai konduktivitas dan resistivitas medium ditunjukkan dengan

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \dots(2.7)$$

Kuat arus listrik pada medium penampang juga tergantung pada jenis penghantar. Hubungan antara besar arus listrik dan resistivitas penghantar ditunjukkan pada

$$I = \sigma A \frac{\Delta V}{l} \text{ atau } I = \frac{A}{\rho l} \Delta V \quad \dots(2.8)$$

Maka didapatkan harga resistivitas untuk suatu medium menghantar dengan panjang l dan luas penampang A , yang diberi potensial V dengan persamaan sebagai berikut:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \dots(2.9)$$

Dalam hal ini persamaan (2.9) disebut juga dengan nilai resistivitas sebenarnya (*true resistivity*). (Kearey, 2002)

2.1.2 Sifat Kelistrikan Bumi Homogen Isotropis

Bumi terdiri dari beberapa lapisan batuan dengan jenis yang berbeda, maka masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas tertentu. Tiap-tiap lapisan batuan mempunyai sifat kelistrikan yang berbeda-beda, sifat kelistrikan tersebut tergantung dari kandungan logam ataupun non logam, komposisi mineral, kandungan air, permeabilitas, tekstur, suhu dan umur geologi dari masing-masing lapisan penyusun bumi.

Batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan karena batuan merupakan suatu jenis materi. Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan apabila dialirkan arus listrik kedalamnya. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu sendiri akibat terjadinya ketidakseimbangan atau arus listrik yang sengaja dimasukkan kedalamnya. Salah satu sifat batuan adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas maka semakin sulit material tersebut dalam menghantarkan arus listrik, begitu pula berlaku sebaliknya. (Hendrajaya, 1990)

Sifat kelistrikan dari batuan dipengaruhi oleh dua parameter utama yakni resistivitas lapisan dan tebal lapisan itu sendiri. Sedangkan parameter turunan lainnya adalah konduktansi longitudinal, resistansi transversal, resistivitas transversal, dan resistivitas longitudinal. Parameter tersebut dijabarkan lebih jelas pada parameter Dar Zarrouk. (Prameswari, 2012)

Lapisan bumi bersifat homogen isotropis adalah merupakan pendekatan yang sederhana dalam menentukan tahanan jenis lapisan-lapisan batuan bumi. Arus tunggal I menyebabkan timbulnya distribusi potensial. Arus yang mengalir dalam bumi homogen isotropis didasarkan pada hukum kekekalan muatan yaitu

$$\nabla \cdot \bar{J} = -\frac{\partial q}{\partial t} \quad \dots(2.10)$$

Dengan \bar{J} adalah rapat arus dan q adalah rapat muatan. Apabila arus tetap maka persamaan (2.10) menjadi:

$$\nabla \cdot \bar{J} = 0 \quad \dots(2.11)$$

Hukum Ohm menyatakan bahwa rapat arus \bar{J} akan sebanding dengan besarnya medan listrik \bar{E} , sehingga diperoleh hubungan seperti berikut:

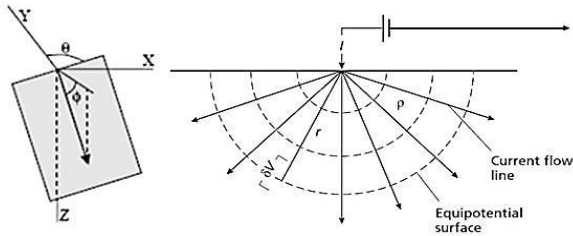
$$\bar{J} = \frac{1}{\rho} \bar{E} = \sigma \bar{E} = -\sigma \nabla V \quad \dots(2.12)$$

Arah \bar{J} sama dengan arah \bar{E} dan σ bernilai konstan bila medium homogen isotropis. Untuk medium homogen isotropis ρ konstan, maka σ juga konstan, sehingga diperoleh persamaan Laplace sebagai berikut:

$$\nabla^2 V = 0 \quad \dots(2.13)$$

Model bumi yang berbentuk setengah bola homogen isotropis memiliki konduktivitas udara sama dengan nol. Dengan demikian, arus I yang dialirkan melalui sebuah elektroda pada titik P di permukaan akan tersebar ke semua

arah dengan besar yang sama. Potensial pada suatu jarak r dari titik P hanya merupakan fungsi r saja. (Reynolds, 2011)



Gambar 2.2 Arus Tunggal di Permukaan Medium Homogen Isotropis (Kearey, 2002)

Persamaan Laplace yang berhubungan dengan kondisi ini dalam koordinat bola adalah

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad \dots(2.14)$$

Dikarenakan arus yang mengalir simetri terhadap arah θ dan ϕ pada arus tunggal, maka persamaan menjadi:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial V}{\partial r} = 0 \quad \dots(2.15)$$

Dengan demikian potensial tiap titik yang berhubungan dengan sumber arus pada permukaan bumi yang homogen isotropis adalah:

$$V = \frac{1}{r} \frac{\rho I}{2\pi} \text{ atau } \rho = 2\pi r \frac{\Delta V}{I} \quad \dots(2.16)$$

2.1.3 Konsep Resistivitas Semu

Dalam sebuah bumi yang homogen, arus mengalir melingkar keluar dari sumbernya membentuk permukaan setengah bola, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Apabila bumi diasumsikan bersifat homogen isotropi maka nilai resistivitas yang terukur merupakan nilai resistivitas yang sebenarnya dan tidak tergantung atas spasi elektroda,

tapi pada kenyataannya bumi terdiri atas beberapa lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda, sehingga nilai potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Bumi yang terdiri dari lebih dari satu lapisan, resistivitas yang diukur tentunya adalah resistivitas rata-rata. Sehingga nilai resistivitas yang terukur bukan nilai resistivitas satu lapisan saja. Hal ini berlaku terutama untuk spasi elektroda yang lebar. (Reynolds, 1997)

Asumsi isotropi dapat bersifat tidak tepat untuk lapisan individu. Misalnya, dalam sedimen seperti tanah liat atau *clay shale* nilai resistivitas yang tegak lurus terhadap lapisan biasanya lebih besar dari sejajar dengan arah dari lapisan tersebut. Anisotropi tidak dapat dideteksi di lapisan bawah permukaan pada survei data VES dan biasanya menghasilkan ketebalan lapisan yang terlalu besar. (Kearey, 2002)

Dengan ρ_a resistivitas semu atau *apparent resistivity* yang bergantung pada elektroda. Untuk kasus tidak homogen, bumi diasumsikan berlapis-lapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau.

Resistivitas ditentukan dari suatu resistivitas semu yang dihitung dari pengukuran beda potensial. Tahanan jenis semu (*apparent electrical resistivity*) atau ρ_a yang didapatkan dari persamaan berikut:

$$\rho_a = \frac{RA}{l} \quad \dots(2.17)$$

Dimana R adalah tahanan terhadap arus listrik searah I yang menyebabkan terjadinya perbedaan potensial V, pada suatu batuan dengan luas permukaan A dan panjang (l). Di dalam material yang jenuh air, ρ_a tergantung pada kepadatan dan porositas dari material dan salinitas dari fluida yang terkandung di dalam material.

Medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapisan yang mempunyai resistivitas yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2) dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang mempunyai satu harga resistivitas semu yaitu ρ_a dengan konduktivitas masing-masing lapisan σ_f . Untuk medium berlapis harga resistivitas semu ini akan merupakan fungsi jarak bentangan (jarak antar elektroda arus). Untuk jarak antar elektroda arus kecil akan memberikan ρ_a yang harganya mendekati ρ batuan di dekat permukaan. Sedangkan untuk jarak bentangan yang besar, ρ_a yang diperoleh akan mewakili harga ρ batuan yang lebih dalam. yang besar, ρ_a yang diperoleh akan mewakili harga ρ batuan yang lebih dalam. (Reynolds, 1997)

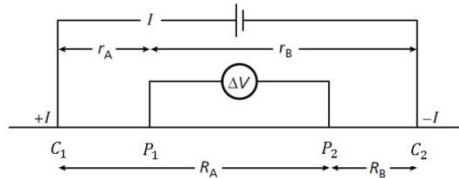
2.2 Metode Geolistrik Resistivitas

2.2.1 Prinsip Metode Geolistrik Resistivitas

Penggunaan metode geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger pada tahun 1912. Geolistrik merupakan metode geofisika yang mempelajari sifat listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya dipermukaan bumi. Prinsip dari geolistrik adalah metode eksplorasi geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui perubahan tahanan jenis lapisan batuan dibawah permukaan tanah dengan mengalirkan arus dari sumber DC (*Direct Current*) atau arus searah.

Arus dari sumber DC dimasukkan ke dalam bagian komutator, untuk diubah menjadi arus bolak-balik atau arus AC (*Alternative Current*) dengan frekuensi yang bisa diatur. Pengukuran resistivitas mula-mula menggunakan arus searah, karena penggunaan arus searah menimbulkan polarisasi pada elektrodanya, maka pengukuran resistivitas kemudian menggunakan arus bolak-balik. Polarisasi elektroda adalah proses kimia yang terjadi pada elektroda bila diberi tegangan searah, pada anoda akan terjadi penumpukan ion negatif sedang pada katoda akan terjadi

penumpukan ion positif. Penumpukan ion ini akan menghambat aliran arus ke medium, sehingga arus listrik semakin lama semakin kecil. Arus bolak-balik mencegah timbulnya polarisasi, karena sebelum terjadi penumpukan ion, polaritas elektroda sudah dibalik, yang positif menjadi negatif dan sebaliknya. (Hendrajaya, 1990)



Gambar 2.3 Susunan elektroda pada survei geolistrik tahanan jenis (Kearey, 2000)

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus dan gelombang elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Pada metode geolistrik tahanan jenis, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus (C). Kemudian beda potensial diukur melalui dua elektroda potensial (P). Dengan adanya aliran arus listrik tersebut maka akan menimbulkan tegangan listrik dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multimeter yang dihubungkan dengan dua elektroda P.

Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda kemudian dapat diturunkan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan dibawah titik ukur (*sounding point*).

$$\Delta V = V_{P1} - V_{P2} \quad \dots(2.18)$$

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} - \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \right) \quad \dots(2.19)$$

Dari nilai arus dan beda potensial dapat dihitung faktor geometri. Faktor geometri dari beda potensial yang terjadi antara elektroda potensial P1, P2 yang diakibatkan oleh injeksi arus pada elektroda arus C1, C2. Faktor geometri adalah Besaran koreksi terhadap perbedaan letak titik pengamatan, dimana dapat dihitung dengan:

$$\rho_a = K \left(\frac{\Delta V}{I} \right) \quad \dots(2.20)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)} \quad \dots(2.21)$$

Pengukuran lapangan metoda geolistrik tahanan jenis akan menghasilkan nilai faktor konfigurasi, beda potensial dan arus. Seluruh data ini akan menjadi bahan untuk menentukan besarnya nilai resistivitas terukur untuk setiap titik pengukuran. Besarnya nilai resistivitas terukur (semu) ditentukan menggunakan persamaan untuk setiap jenis konfigurasi pengukuran. Nilai resistivitas yang dihitung belum merupakan nilai resistivitas bawah permukaan sesungguhnya tetapi nilai semu yang merupakan nilai resistivitas permukaan homogen yang memberikan nilai resistivitas yang seragam untuk susunan elektroda yang sama.

Untuk melakukan *plotting* data dengan survei 2 dimensi, umumnya digunakan pemetaan *pseudesection*. Dalam kasus ini lokasi point horizontal terletak di pertengahan point pada susunan elektroda yang digunakan dalam proses pengukuran. Sedangkan untuk *plotting* lokasi vertikal point terletak pada jarak proporsional pada pemisah antara dua elektroda. Nilai *pseudodepth* tergantung pada nilai sensitivitas dari jarak setengah spasi yang homogen.

Berdasarkan konfigurasi elektroda-elektroda arus, dikenal beberapa jenis metode resistivitas tahanan jenis. Setiap konfigurasi elektroda pada metode geolistrik

resistivitas memiliki faktor geometri yang berbeda-beda. Jenis konfigurasi tersebut diantaranya Wenner Alpha, Wenner Beta, Wenner Gamma, Pole-pole, Dipole-dipole, Pole-dipole, Wenner-Schlumberger dan Equatorial Dipole-dipole. Dimana pada setiap konfigurasi memiliki kelebihan serta kekurangannya masing-masing bila ditinjau dari efektivitas, efisiensi maupun sensitifitasnya.

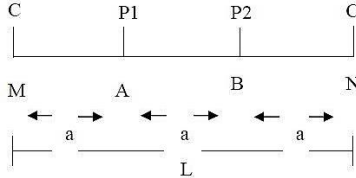
Tabel 2.1 Konfigurasi elektroda metode geolistrik resistivitas (Loke, 2004)

<p>Wenner</p> <p>$k = 2 \pi a$</p>	<p>Wenner Beta</p> <p>$k = 6 \pi a$</p>
<p>Wenner Gamma</p> <p>$k = 1.5 \pi a$</p>	<p>Pole - Pole</p> <p>$k = 2 \pi a$</p>
<p>Dipole - Dipole</p> <p>$k = \pi n(n+1)(n+2)a$</p>	<p>Pole - Dipole</p> <p>$k = 2 \pi n(n+1)a$</p>
<p>Schlumberger</p> <p>$k = \pi n(n+1)a$</p>	<p>Equatorial Dipole - Dipole</p> <p>$k = 2 \pi a s / (s - a)$ $s = (a^2 + b^2)^{0.5}$</p>
<p>NOTES: k = geometric factor C = current source electrodes P = potential (measuring) electrode a = electrode separation; n = an integer</p>	

2.2.2 Survei Geolistrik Konfigurasi Wenner

Dalam survei data geolistrik dikenal adanya *Constant Separation traversing* (CST) atau yang juga diketahui sebagai “*electrical profiling*”. CST adalah metode yang digunakan untuk menentukan variasi lateral dari sebuah pengolahan data resistivitas. Konfigurasi Wenner merupakan konfigurasi yang membutuhkan tempat yang sangat luas dan dapat digunakan untuk metode *mapping*. Konfigurasi ini tersusun atas 2 elektroda arus (C) dan 2 elektroda potensial (P). Elektroda potensial ditempatkan

pada bagian dalam dan elektroda arus pada bagian luar dengan jarak antar elektroda sebesar a . Dalam survei dengan konfigurasi Wenner, keempat elektroda perlu dipindahkan secara berturut-turut.



Gambar 2.4 Elektroda arus (C) dan elektroda potensial (P) konfigurasi Wenner (Wijaya, 2015)

Pengukuran dilakukan dengan memindahkan semua elektroda secara bersamaan ke arah luar dengan jarak “ a ” selalu sama ($AM = BN = AB$). Konfigurasi menggunakan susunan jarak spasi sama panjang ($r1 = r4 = a$ dan $r2 = r3 = 2a$). Jarak antara elektroda arus (C1 dan C2) adalah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial dengan titik *sounding*-nya adalah “ $a/2$ ”, maka jarak masing-masing elektroda arus dengan titik *sounding*-nya adalah “ $3a/2$ ”. Persamaan faktor geometri (K) dan resistivitas semu (ρ_a) untuk konfigurasi Wenner yaitu:

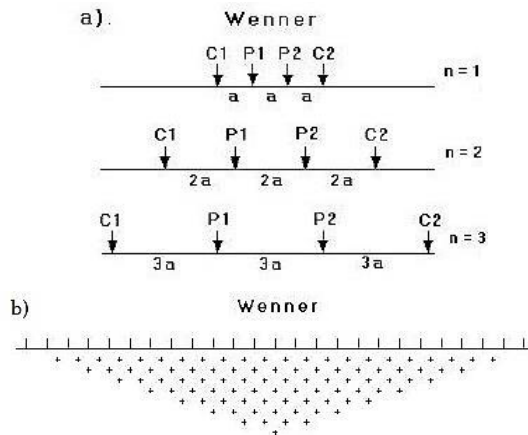
$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} + \frac{1}{a}\right)\right]} \quad \dots(2.22)$$

$$K = 2\pi a \quad \dots(2.23)$$

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad \dots(2.24)$$

Elektroda arus dan elektroda potensial disusun sedemikian hingga pada separasi dan perpindahan di sepanjang penampang. Metode ini bekerja baik untuk penentuan kandungan mineral tanah, serta zona *fault* dan *shear* lokal dan untuk deteksi anomali bawah permukaan tanah yang sifatnya dangkal. Metode ini juga digunakan

untuk penentuan kedalaman *bedrock* dan identifikasi adanya patahan. Konfigurasi Wenner yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *mapping*. Hasil dari rangkaian CST melintang dengan sebuah susunan spasi elektroda yang dapat menghasilkan pemetaan kontur resistivitas lateral. (Kearey, 2002)



Gambar 2.5 Konfigurasi Wenner (a) Susunan elektroda dan (b) Pola *pseudosection* (Loke, 2004)

Metode resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horisontal. Metode tahanan jenis ini adalah bagian dari metode geofisika yang relatif murah untuk memberikan penggambaran bawah permukaan terus menerus dan mungkin untuk mengukur respon tanah di sepanjang profil untuk mendapatkan pencitraan bawah permukaan. Selain itu, metode tahanan jenis sensitif terhadap kadar air lapisan, sangat cocok untuk digunakan dalam penyelidikan tanah longsor. (Yilmaz, 2011)

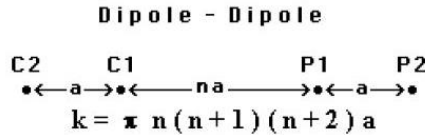
Bidang yang stabil mempunyai sifat tidak dapat ditembus oleh air, sedangkan bidang yang berada diatas

bidang stabil adalah jenis lapisan tanah yang dapat tembus air. Apabila pada sebuah area kedua batuan tersebut tersusun bertumpukkan dengan lapisan batuan lempung berada dibawah batuan pasir dan area tersebut tertimpa oleh massa fluida maka lapisan tanah diatas batuan lempung akan tersaturasi oleh fluida sehingga terbawa aliran fluida. Hal tersebut dapat menyebabkan tanah longsor dimana setiap tanah longsor pada suatu area memiliki zona bidang gelincir dengan arah dan pada kedalaman tertentu tertentu.

Survei zona bidang gelincir tanah longsor tergolong pada survei geolistrik yang bersifat dangkal. Konfigurasi Wenner dengan keunggulan yang berfokus pada karakterisasi lateral dengan jangkauan kedalaman yang dangkal. Selain itu survei geolistrik yang satu ini mampu secara akurat menunjukkan distribusi ukuran butir dan mineralogi, distribusi porositas dan kadar air bawah permukaan. Sehingga sangat sesuai apabila survei geolistrik dengan konfigurasi Wenner ini digunakan untuk karakterisasi bawah permukaan untuk mendeteksi adanya bidang yang stabil (*bedrock*) dan bidang yang bergerak atau bidang yang tergelincir. (R.Q. Zeng, 2016)

2.2.3 Survei Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole

Konfigurasi dipole-dipole merupakan gabungan dari teknik *profiling* dan *depth sounding*, sehingga jenis konfigurasi ini merupakan salah satu konfigurasi yang umumnya digunakan dalam eksplorasi geofisika. Konfigurasi dipole-dipole menempatkan jarak elektroda arus. Metode ini dapat diterapkan untuk tujuan mendapatkan gambaran bawah permukaan pada obyek yang penetrasinya relatif lebih dalam dibandingkan dengan metode *sounding* lain seperti konfigurasi Wenner dan konfigurasi Schlumberger (Loke, 2004)



Gambar 2.6 Susunan elektroda konfigurasi Dipole-dipole
(Loke, 2004)

Konfigurasi Dipole-dipole sering digunakan pada survei geolistrik dikarenakan rangkaian elektrodanya yang terbilang sederhana. Seperti pada Gambar 2.6 spasi antara sepasang elektroda arus C1 dan C2 berjarak a dimana sama dengan jarak yang diberikan antara sepasang elektroda potensial P1 dan P2. Konfigurasi ini memiliki faktor lain yaitu n , yang mewakili rasio jarak antara C1 dan P1 yang memisahkan kutub C1-C2 dengan kutub P1-P2. Untuk survei pada konfigurasi ini, spasi a nilainya tetap pada unit terkecil pada spasi elektroda. Sedangkan nilai n dari 1 ke 2 hingga sekitar 6 dengan tujuan untuk meningkatkan jangkauan kedalaman.

Konfigurasi Dipole- dipole sensitif terhadap perubahan nilai resistivitas disekitar elektroda setiap kutub-kutubnya. Jika nilai n meningkat, maka peningkatan nilai sensitifitas lebih berkonsentrasi dibawah elektroda C1-C2 dan P1-P2. Sedangkan nilai sensitifitas di tengah susunan elektroda antara C1 dengan P1 akan berkurang. Untuk nilai n yang lebih dari 2, nilai sensitifitas pada *pseudosection plotting* akan diabaikan. Konfigursi dipole-dipole sangat sensitif terhadap perubahan resistivitas horizontal, namun relatif tidak sensitif untuk perubahan nilai resistivitas secara vertikal.

Pada umumnya konfigurasi ini dapat menginvestigasi kedalaman yang lebih dangkal apabila dibandingkan dengan jangkauan konfigurasi wenner. Seperti contoh, pada $n=1$ jangkauan kedalaman dapat mencapai 0.416a, sedangkan bila memakai konfigurasi Wenner dapat

mencapai $0.512a$. Kelemahan konfigurasi ini adalah membutuhkan banyak tenaga dalam proses pengambilan data lapangannya tetapi konfigurasi ini sangat baik memberikan informasi secara horizontal. Persamaan faktor geometri (K) dan resistivitas semu (ρ_a) untuk konfigurasi Dipole - dipole yaitu:

$$K = \pi n(n + 1)(n + 2)a \quad \dots(2.25)$$

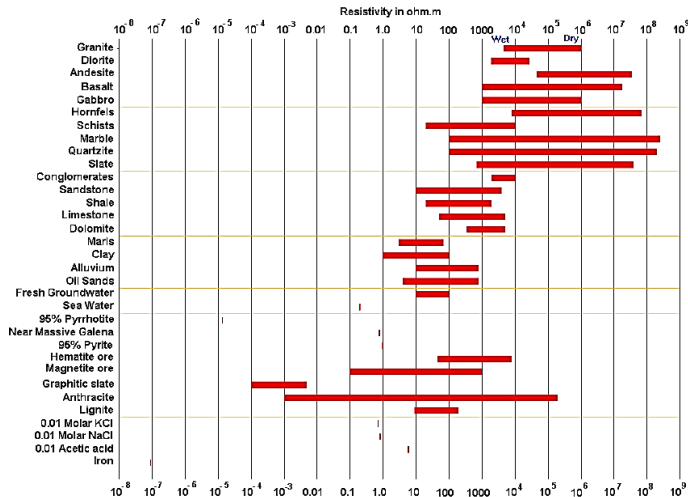
$$\rho_a = \pi n(n + 1)(n + 2)a \left(\frac{\Delta V}{I} \right) \quad \dots(2.26)$$

2.2.4 Metode Geolistrik untuk Karakterisasi Bawah Permukaan

Metode geolistrik lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 atau 1500 kaki. Oleh karena itu, metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi banyak digunakan dalam bidang geologi teknik seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, juga digunakan dalam eksplorasi panas bumi (geothermal). Keunggulan secara umum adalah harga peralatan relatif murah, waktu yang digunakan relatif cepat, peralatan yang kecil dan ringan sehingga mudah untuk mobilisasi, kebutuhan personal sekitar 5 orang terutama untuk konfigurasi Schlumberger serta analisis data secara global bisa diprediksi langsung saat di lapangan.

Karakteristik ini berguna dalam mendeteksi zona retak dan pelapukan, seperti dalam rekayasa dan survei tanah. Batuan sedimen yang biasanya lebih berpori dan memiliki kadar air yang lebih tinggi, biasanya memiliki nilai resistivitas rendah dibandingkan dengan batuan beku dan metamorf. Nilai resistivitas sangat tergantung pada porositas batuan dan saturasi air.

Tabel 2.2 Nilai resistivitas pada batuan, tanah dan mineral
(Kearey, 2002)



Arus listrik mengalir di material dalam bumi pada kedalaman dangkal melalui dua metode utama, yaitu konduksi elektronik dan konduksi elektrolit. Dalam konduksi elektronik, aliran arus melalui elektron bebas, seperti dalam logam. Dalam konduksi elektrolit, aliran adalah melalui gerakan ion dalam air tanah. Resistivitas batuan umum, bahan tanah dan bahan kimia batuan beku dan metamorf biasanya memiliki nilai resistivitas tinggi. Resistivitas batuan sangat tergantung pada derajat keretakan, dan persentase dari retakan yang dapat diisi dengan air tanah. Jadi jenis batuan yang diberikan dapat memiliki berbagai macam tahanan, tergantung pada basah atau kering. (Reynolds, 2011)

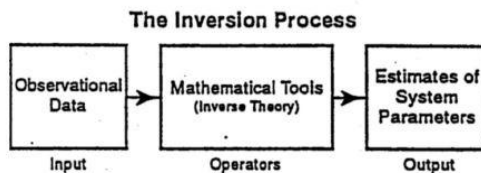
Pada metode geolistrik ada beberapa jenis yaitu metode *sounding* dan *transversing*. Metode *sounding* adalah penyelidikan perubahan resistivitas bawah permukaan kearah vertikal, yaitu dengan cara pada setiap titik ukur yang tetap jarak elektroda arus dan tegangan

diubah. Konfigurasi elektroda yang biasa dipakai adalah konfigurasi Schlumberger. Metode *transversing* atau mapping adalah penyelidikan perubahan resistivitas bawah permukaan kearah lateral (horizontal) dengan cara jarak elektroda arus dan tegangan tetap, titik ukur dipindah secara horizontal. Konfigurasi elektroda yang dipakai adalah Wenner atau Dipole-dipole.

2.3 Inversi Data Resistivitas 2 Dimensi

2.3.1 Pemodelan Kedepan (*Forward Modelling*)

Dalam geofisika, kegiatan pengukuran lapangan selalu dilakukan berdasarkan prosedur yang sudah ditentukan. Hasil pengukuran tersebut tentu sangat tergantung pada kondisi dan sifat fisis batuan bawah permukaan. Hubungan antara parameter fisis dengan hasil pengukuran data lapangan berupa persamaan matematika atau kita menyebutnya sebagai model matematika. Maka dengan berdasarkan model matematika itulah, kita bisa mengekstrak parameter fisis batuan dari data observasi. Proses ini disebut proses inversi atau istilah asingnya disebut *inverse modelling*. Sementara proses kebalikannya dimana untuk memperoleh data prediksi hasil pengukuran berdasarkan parameter fisis yang sudah diketahui, maka dilakukan *forward* atau *forward modelling*.

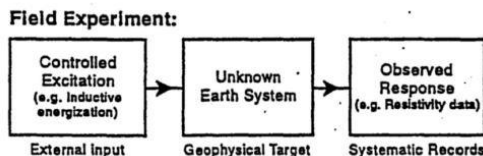


Gambar 2.7 Alur pemodelan inversi (Suprianto, 2007)

Pemodelan ke depan (*forward modelling*), pemodelan dilakukan untuk mendekatkan model yang didapatkan dari hasil inversi terhadap data sintetik. Data sintetik didapat dari hasil perhitungan secara teoritis menggunakan

persamaan matematis yang diturunkan berdasarkan konsep fisika dari permasalahan yang ditinjau. Dalam proses pendekatan antara respon model dengan data lapangan dapat dilakukan dengan proses uji coba dengan mengubah nilai parameter model. (Grandis, 2009) d

Proses inversi adalah suatu proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis bawah permukaan. Di dalam proses inversi, kita melakukan analisis terhadap data lapangan dengan cara melakukan *curve fitting* (pencocokan kurva) antara model matematika dan data lapangan. Tujuan dari proses inversi adalah untuk mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya (*unknown parameter*).

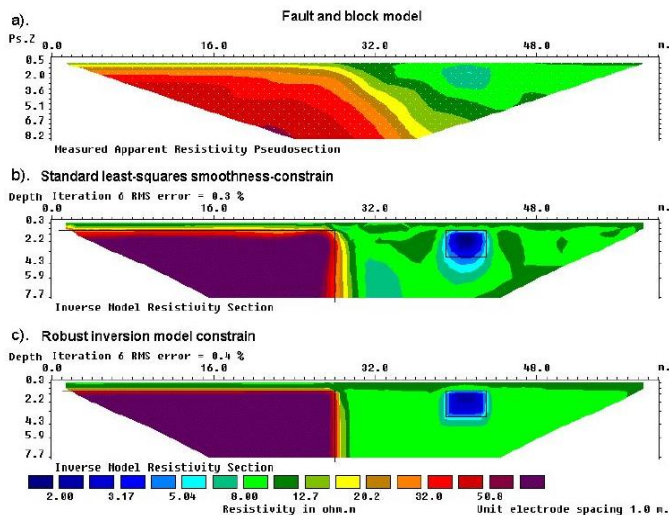


Gambar 2.8 Alur pengolahan data pada pengukuran lapangan (Suprianto, 2007)

Pada pengukuran lapangan, data geofisika yang terukur antara lain bisa berupa densitas, kecepatan gelombang seismik, modulus bulk, hambatan jenis batuan, permeabilitas batuan, suseptibilitas magnet dan lain sebagainya yang termasuk dalam besaran fisis sebagai karakteristik bawah permukaan bumi. Jika suatu pengukuran diulang berkali-kali seringkali kita temukan hasil pengukuran yang berubah-ubah, walaupun dengan variasi yang bisa ditolerir. Variasi ini umumnya disebabkan oleh kesalahan instrumen pengukuran (*instrumental error*) atau bisa juga dikarenakan kesalahan manusia (*human error*). Seluruh variasi ini bila di-plot kedalam histogram akan membentuk distribusi probabilistik. (Suprianto, 2007)

2.3.2 Pemodelan Kedepan Metode Resistivitas 2D

Setelah survei lapangan, pengukuran resistansi biasanya dikurangi menjadi nilai resistivitas semu. Hampir semua sistem *software* komputer melakukan konversi ini. Pada bagian diuraikan langkah-langkah yang terlibat dalam mengkonversi nilai tahanan jenis semu menjadi model bagian resistivitas yang dapat digunakan untuk interpretasi geologi. Untuk suatu set data yang sama yang diukur, ada berbagai model yang dapat digunakan untuk menghitung nilai tahanan jenis semu yang sama. Untuk mempersempit berbagai model, biasanya beberapa asumsi yang dibuat mengenai sifat bawah permukaan yang dapat dimasukkan ke dalam inversi. Di hampir semua survei, sesuatu yang diketahui mengenai geologi bawah permukaan lapisan batuan diharapkan memiliki batas *gradational* atau tajam.



Gambar 2.9 Contoh penampang yang telah diolah dengan inversi. (a) *Pseudosection Apparent resistivity* yang terukur. (b) Model inversi *least-squares smoothness* konvensional. (c) Model inversi dengan *Robust* (Loke, 2004)

Formulasi inversi standar yang digunakan oleh program Res2DInv sesuai dengan persamaan:

$$(J^T J + \lambda F) \Delta q = J^T g \quad \dots (2.27)$$

Formulasi ini membatasi perubahan nilai model resistivitas Δq untuk mendapat hasil yang lebih halus. Opsi pertama “*Include smoothing of model resistivity*” menggunakan formulasi yang akan menerapkan kelancaran membatasi langsung pada nilai model resistivitas. Formulasi ini diberikan oleh:

$$(J^T J + \lambda F) \Delta q = J^T g - \lambda F_R q_k \quad \dots (2.28)$$

Sehingga nilai model resistivitas q perubahan dalam cara yang halus. Pilihan berikutnya “*Use combined inversion method*” mencoba untuk menggabungkan metode kelancaran-dibatasi sebagai diberikan dalam persamaan (2.27) dengan *Marquardt-Levenberg*. Namun, hasil yang diperoleh dengan kombinasi ini belum sangat mengesankan dan tidak akan diperiksa. Select robust inversion pilihan telah terbukti jauh lebih bermanfaat. Memodifikasi persamaan (2.28) elemen sehingga berbeda dari perubahan parameter model dan data vektor ketidakcocokan memiliki besaran yang sama. Hal ini diberikan oleh persamaan:

$$(J^T J + \lambda F_R) \Delta q_k = J^T R_d g - \lambda F_R q_k \quad \dots (2.29)$$

Metode ini juga dikenal sebagai l1-norm atau robust atau blocky inversion method, sedangkan *leastsquares* adalah metode penghalusan yang konvensional. Metode seperti yang diberikan dalam persamaan (2.28) adalah metode inversi l2-norm. Metode inversi l2-norm memberikan hasil yang optimal di mana geologi bawah permukaan menunjukkan variasi yang halus. Namun, dalam kasus di mana bawah permukaan terdiri dari material yang secara internal homogen dengan batas-batas yang

tajam, metode ini cenderung untuk menganalisis keluar batas-batas. (Loke, 2004)

2.3.3 Pemodelan Inversi

Proses inversi bertujuan untuk mencari model yang diberikan oleh respon yang mendekati atau mirip nilai pengukuran lapangan. Problem inversi dimulai dengan deskripsi data, diselesaikan dengan representasi vektor dikarenakan jumlah data yang banyak berupa angka-angka. Apabila dilakukan pengukuran sebanyak N , maka akan dihasilkan elemen-elemen dari vektor d dengan besar vektor N . parameter model direpresentasikan dengan elemen vektor m yang memiliki panjang M . Problem inversi paling sederhana diselesaikan dengan persamaan linear:

$$Gm = d \quad \dots(2.30)$$

Persamaan (2.30) didasarkan pada besar vektor parameter model yang diestimasi dengan data prediksi:

$$d^{pre} = Gm^{est} \quad \dots(2.31)$$

Pada survei geolistrik resistivitas, keterbatasan geometri eksperimen seperti posisi sumber dengan posisi penerima respon beda potensial dapat menyebabkan harga parameter model yang secara individu tidak dapat ditentukan. Karenanya dibutuhkan penyelesaian linear yang dapat menghasilkan informasi yang optimum mengenai parameter model yang dicari. asumsi tertentu mengenai karakter model dapat digunakan sebagai informasi “a priori” atau kriteria tambahan.

2.4 Tanah Longsor

2.4.1 Pengertian Tanah Longsor

Tanah longsor yang diidentifikasi sebagai gerakan massa batuan, puing-puing atau tanah, dapat dipicu oleh beberapa faktor eksternal. Faktor eksternal tersebut seperti curah hujan yang intens, gempa yang mengguncang,

perubahan tingkat air dan erosi sungai yang menyebabkan peningkatan mendadak pada geser stres atau penurunan kekuatan geser lereng. (Oztekin et al., 2006)

Secara umum kejadian longsor disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor pendorong dan faktor pemicu. Faktor pendorong adalah faktor-faktor yang memengaruhi kondisi material sendiri, sedangkan faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan bergerakanya material tersebut. Proses terjadinya tanah longsor diawali oleh air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai ke tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan diatasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan. Faktor pemicu utama kelongsoran tanah adalah air hujan. Tanah longsor banyak terjadi di perbukitan dengan ciri-ciri: kecuraman lereng lebih dari 30 derajat, curah hujan tinggi, terdapat lapisan tebal (lebih dari 2 meter) menumpang di atas tanah/batuan yang lebih keras, tanah lereng terbuka yang dimanfaatkan sebagai permukiman, ladang, sawah atau kolam. (Uhlemann, 2015)

Zona labil merupakan suatu wilayah yang menunjukkan daerah itu mempunyai kondisi tanah yang terus bergeser, pergeseran tanah ini dapat terjadi karena longsor, retakan tanah atau bisa juga daerah itu dilalui patahan bumi. Geseran tanah yang sering terjadi adalah tanah longsor yang merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Longsoran umumnya terjadi jika tanah sudah tidak mampu menahan berat lapisan tanah di atasnya

karena ada penambahan beban pada permukaan lereng dan berkurangnya daya ikat antar butiran tanah akibat tidak ada pohon keras (berakar tunggang). (Reynolds, 2011)

Longsor atau sering disebut gerakan tanah adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan massa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam terbesar, menyebabkan kerusakan yang luar biasa setiap tahun dan beresiko yang signifikan untuk komunikasi dan infrastruktur. Selain itu, ada potensi kejadian tanah longsor yang dapat meningkat di masa depan karena perubahan iklim. (R.Q. Zeng, 2016)

2.4.2 Bidang Gelincir Tanah Longsor

Salah satu komponen yang sangat berpengaruh pada terjadinya tanah longsor adalah bidang gelincir (*slip surface*). Tanah longsor bergerak pada suatu bidang gelincir yang merupakan bidang yang menjadi landasan Bergeraknya massa tanah. Bidang gelincir sendiri merupakan bidang yang kedap air dan licin yang biasanya berupa lapisan lempung. Tanah yang akan bergerak bila terjadi kelongsoran adalah bagian tanah yang berada di atas bidang gelincir tersebut. Bidang gelincir berada diantara bidang yang stabil (*bedrock*) dan bidang yang bergerak atau bidang yang tergelincir. *Bedrock* sendiri merupakan batuan dasar kokoh (*consolidated*), terendap dan terkubur dibawah tanah atau berada dibawah lapisan tanah yang lain yang tidak kokoh (*unconsolidated*).

Metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi bidang gelincir adalah metode geofisika resistivitas. Metode ini bersifat tidak merusak lingkungan, biaya relatif murah dan mampu mendeteksi perlapisan tanah sampai kedalaman beberapa meter di bawah permukaan tanah. Metode ini banyak digunakan dalam penyelidikan masalah

lingkungan maupun masalah eksplorasi mineral dalam tanah. Oleh karena itu metode ini dapat dimanfaatkan untuk survei daerah rawan longsor, khususnya untuk menentukan ketebalan lapisan yang berpotensi longsor, kedalaman bidang gelincir serta litologi perlapisan batuan bawah permukaan. (Sugito, 2010)

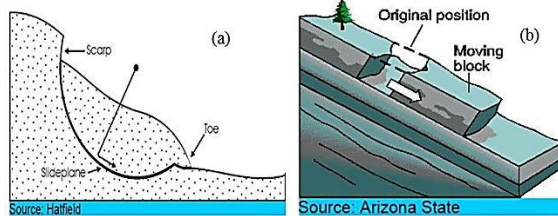
Penampang struktur bawah permukaan yang diperoleh dari pengolahan data survei geolistrik resistivitas menunjukkan, bidang gelincir terlihat dari *contrast resistivity* antar dua batuan yang saling berdekatan. Bila resistivitas lapisan atasnya jauh lebih rendah dari resistivitas lapisan bawahnya, maka sangat memungkinkan terjadi longsor hal ini dikarenakan lapisan tersebut akan gampang terkikis dan mengalir, apalagi bila didukung oleh bidang yang cukup terjal dan curah hujan di wilayah tersebut cukup tinggi. Curah hujan yang tinggi mengakibatkan air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Ada beberapa jenis pergerakan tanah longsor diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Longsor Translasi
Tanah longsor jenis ini merupakan kondisi dimana Bergeraknya material tanah pada kondisi tanah yang bertopografi rata atau bergelombang landai. Jadi, pada daerah tanah yang landai pun bisa terjadi tanah longsor ini terutama jika berbagai penyebab tanah longsor sudah mulai nampak.
2. Longsor Rotasi
Jenis tanah longsor yang kedua adalah longsor rotasi. Dinamakan demikian karena longsor ini merupakan pergerakan material tanah yang terjadi di dalam bidang yang berbentuk cekung sehingga

seringkali terjadi perputaran atau rotasi di dalam bidang cekung tersebut. Pada bidang cekung yang terkena longsor dapat menjadi hal yang berbahaya apalagi jika ada pemukiman di atasnya karena akan rawan tertimbun dan mengakibatkan korban jiwa.

3. **Pergerakan Blok**
Pergerakan blok ini merupakan pergerakan batuan yang ada di dalam tanah pada bidang yang datar atau landai. Kondisi ini juga seringkali dinamakan dengan longsor blok batu dengan jumlah batu yang tidak sedikit. Longsor jenis ini berbahaya karena sebagian besar materialnya adalah batuan.
4. **Runtuhan Batu**
Seperti namanya, runtuh batu ini merupakan kondisi dimana terjadi runtuh batu secara langsung dan terjun bebas dari atas ke bawah. Hal ini terjadi pada bukit yang terjal dengan lereng yang cukup curam dan sering ditemukan di tebing pantai.
5. **Rayapan Tanah**
Tanah longsor ini terjadi karena adanya rayapan atau pergerakan tanah yang sangat lambat dan halus. Ini biasanya terjadi pada tanah yang memiliki butiran kecil halus dan namun memiliki struktur yang cukup kasar.
6. **Aliran Bahan Rombakan**
Jenis tanah longsor terakhir adalah aliran bahan rombakan dimana kondisi ini terjadi karena adanya pergerakan tanah dan materialnya yang disebabkan oleh dorongan air yang sangat kuat. Kecepatan dari aliran air sendiri tergantung pada kemiringan lereng, volume air, tekanan air, kecepatan air serta jenis material tanahnya itu sendiri apakah mudah terangkut oleh air atau tidak. Gerakan dari tanah longsor jenis ini relatif cepat dan dapat mencapai seluruh lembah dengan jarak ratusan meter jauhnya.



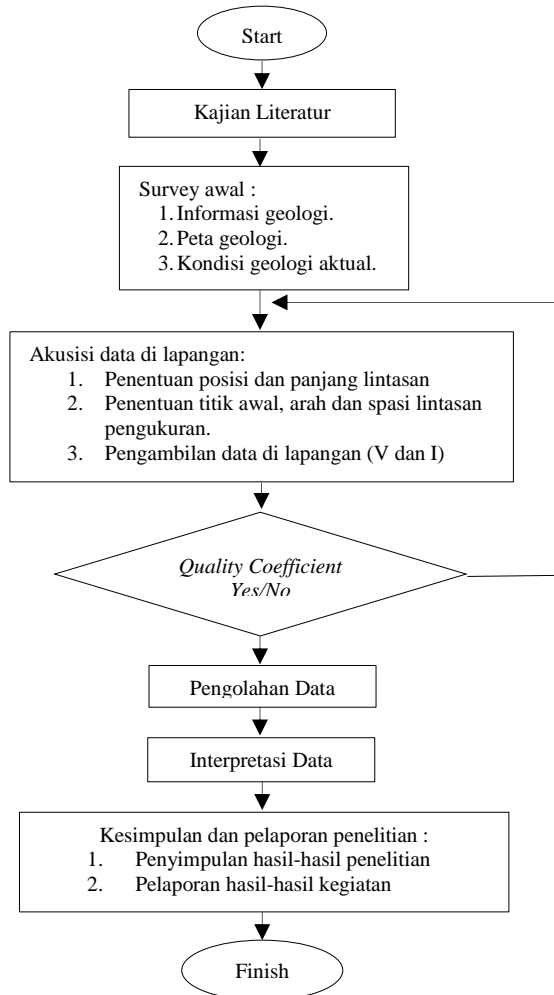
Gambar 2.10 Ilustrasi macam-macam bidang gelincir (a) Bentuk bidang gelincir *rotation slide* dan (b) Bentuk bidang gelincir *translational slide*

Bentuk bidang gelincir sering mendekati bujur melingkar, dalam hal ini tanah longsor tersebut disebut dengan *rotation slide* yang bersifat memutar. Dimana permukaan yang berada di atas bidang gelincir akan bergerak geser berotasi terhadap suatu sumbu yang sejajar dengan permukaan tanah dan melintang dari bidang gelincir. Permukaan gelincir tanah longsor jenis *rotation slide* ini cenderung terlihat miring ke belakang ke arah lereng.

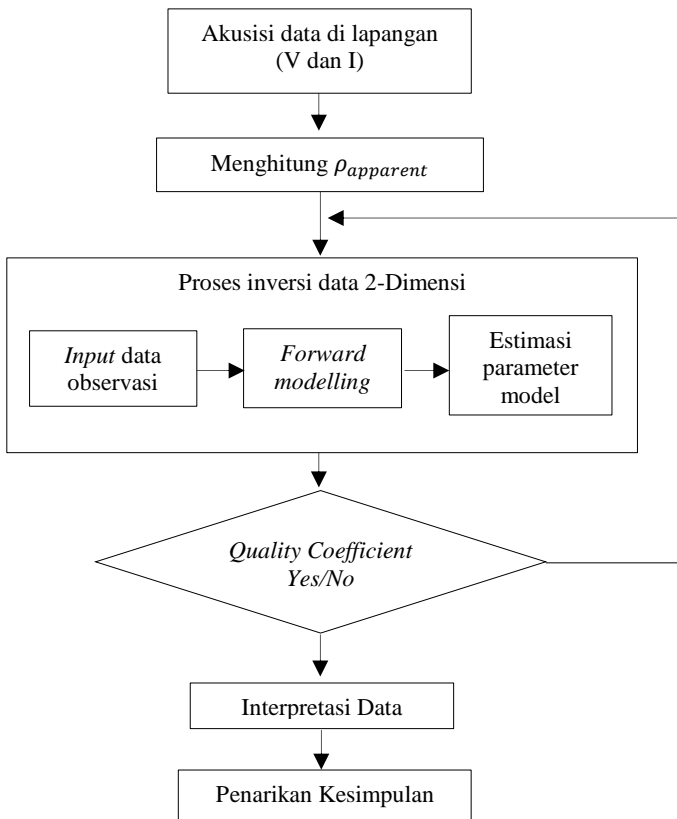
Sedangkan tanah longsor yang terjadi pada bidang gelincir yang hampir lurus dan sejajar dengan muka tanah, dalam hal ini tanah longsor disebut *translational slide*. Tanah longsor seperti ini umumnya terjadi apabila terdapat lapisan yang sedikit keras yang letaknya sejajar dengan permukaan lereng. Jika lereng terletak pada sebuah lapisan tanah yang sangat lunak, bidang longsor mungkin tidak berupa lingkaran. (Wesley dalam Priyantari dan Wahyono, 2005)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3.1. Diagram alur penelitian



Gambar 3.2. Diagram alur pengolahan data

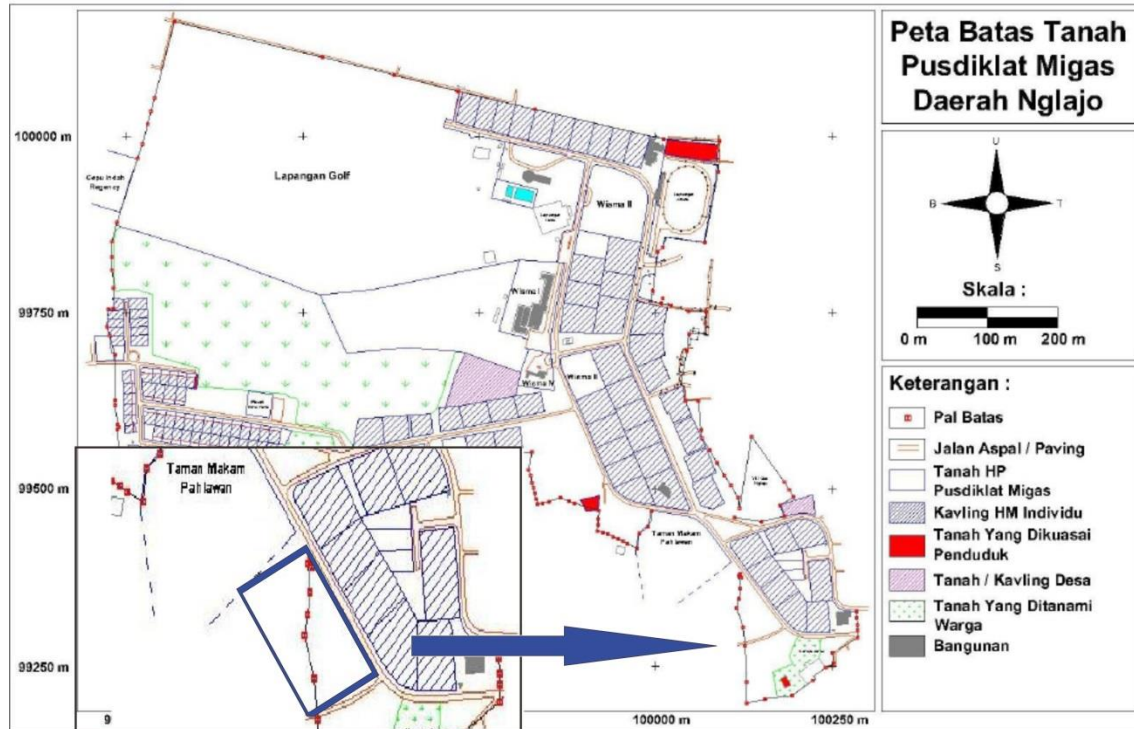
3.1 Lokasi Daerah Penelitian

Penelitian dengan studi kasus yang tepatnya berlokasi di Desa Nglajo Kecamatan Cepu Kabupaten Blora Jawa Tengah, di sekitar Jalan Taman Bahagia sebelah selatan Taman Makam Pahlawan Nglajo. Kecamatan Cepu terletak di perbatasan antara Provinsi Jawa Timur Dengan Provinsi Jawa Tengah.

Kecamatan Cepu memiliki jarak terjauh dari kota Kabupaten Blora ke timur lebih kurang 38 km, dengan temperatur udara berkisar pada temperatur maksimum 32⁰C dan temperatur minimum 28⁰C. Kecamatan Cepu dikelilingi oleh beberapa kecamatan lain yang merupakan batas wilayah, yaitu:

- Di sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Kedung Tuban, Kabupaten Blora.
- Di sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Pandangan, Kabupaten Bojonegoro.
- Sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Sambong, Kabupaten Blora.
- Sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Pandangan dan Kecamatan Kedung Tuban.

Kabupaten Blora tersusun dari daerah morfologi dataran rendah dan perbukitan dengan ketinggian 20-28 mdpl. Bagian utara dari wilayah Kabupaten Blora merupakan kawasan perbukitan, dari rangkaian Zona Rembang (Pegunungan Kapur Utara). Sedang di bagian selatan juga berupa perbukitan kapur yang merupakan bagian dari Pegunungan Kendeng, yang membentang dari timur Semarang hingga Lamongan. Rangkaian pegunungan ini tersusun atas sedimen laut dalam yang terlipatkan dan tersesarkan secara intensif membentuk suatu antiklinorium. Kedua pegunungan tersebut terpisahkan oleh suatu depresi yang disebut sebagai Zona Depresi Randublatung. (Pringgoprawiro , 2012)



Gambar 3.3. Lokasi daerah penelitian

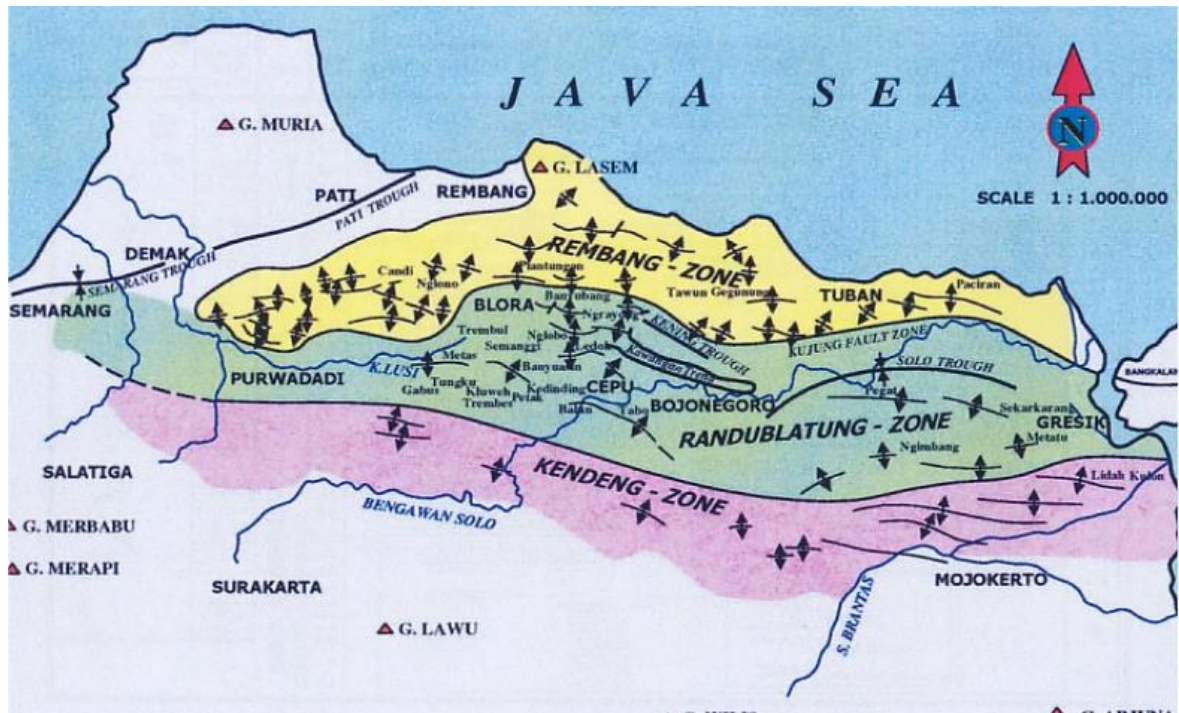
3.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Kondisi geologi Kecamatan Cepu dapat dibagi kedalam beberapa formasi geologi yang tersusun oleh variasi litologi yang berbeda-beda. Urutan stratigrafi daerah telitian dan sekitarnya tersusun dari berbagai variasi satuan litologi dari Formasi Lidah. Formasi ini umumnya terdiri dari litologi berupa batu lempung yang sangat tebal dengan sifat plastis berwarna kehijauan dengan selingan berupa batu gamping yang kaya akan foraminifera planktonik. Umur formasi ini dari Pliosen Atas-Pleistosen. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah lingkungan transisi dengan kondisi laut tenang.

Secara umum daerah Cepu dan sekitarnya terletak di Zona Rembang, yaitu Cekungan Jawa Timur Utara. Zona Rembang yang diketahui merupakan suatu zona tektonik yang terbentang diantara Zona Paparan Laut Jawa di utara dan Zona Depresi Randublatung di selatan yang terbentuk pada kala Pleistosen dengan arah timur-barat dan dapat diikuti dari sebelah timur Semarang menerus sampai Pulau Madura.

Litostratigrafi Tersier di Cekungan Jawa Timur bagian Utara secara umum dan rincian stratigrafinya terbagi menjadi 15 (lima belas) satuan yaitu Batuan Pra-Tersier, Formasi Ngimbang, Formasi Kujung, Formasi Prupuh, Formasi Tuban, Formasi Tawun, Formasi Ngrayong, Formasi Bulu, Formasi Wonocolo, Formasi Ledok, Formasi Mundu, Formasi Selorejo, Formasi Paciran, Formasi Lidah dan Undak Solo.

Berdasarkan hasil pengamatan geologi, di daerah Cepu tersusun oleh litologi berupa batulempung yang sangat tebal dengan sifat plastis berwarna kehijauan dengan selingan berupa batugamping yang kaya akan foraminifera plankton. Berdasarkan ciri fisik litologinya dapat disimpulkan bahwa lokasi telitian terletak pada Formasi Lidah. Umur formasi ini dari Pliosen Atas-Pleistosen. (Pringgoprawiro, 1983)



Gambar 3.4. Peta geologi daerah penelitian

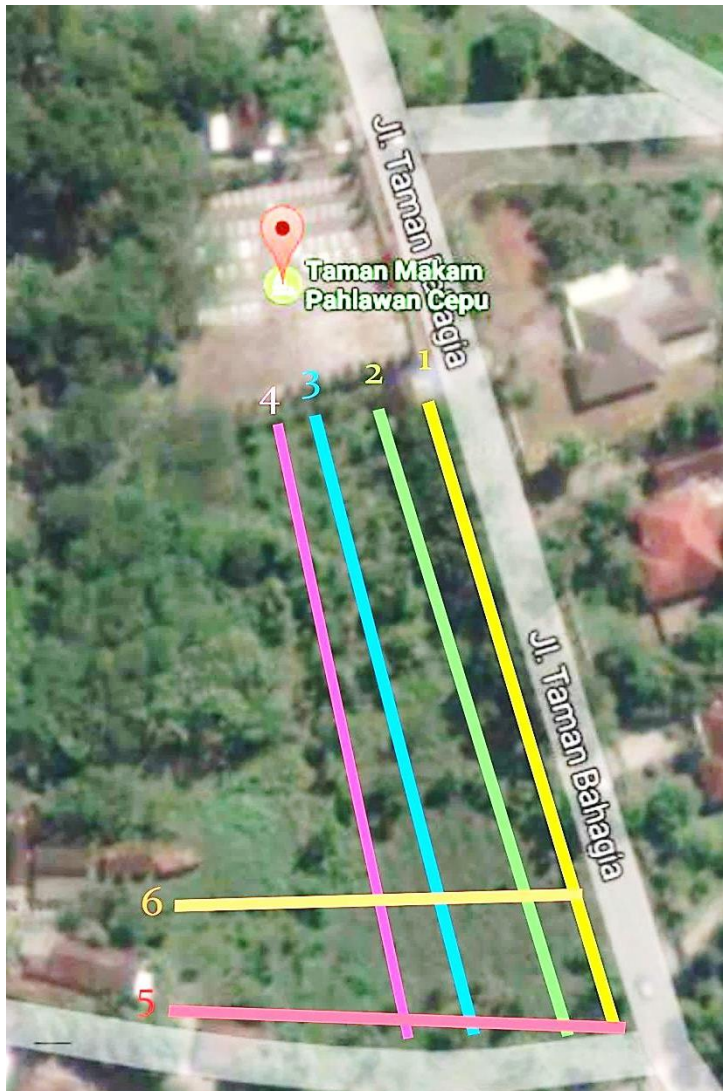
3.3 Tahapan Penelitian

Setelah disiapkan peralatan yang dibutuhkan, kemudian dilakukan prosedur pengambilan data lapangan. Prosedur pengambilan data di lapangan dilakukan dengan menentukan titik pengukuran. Penentuan arah bentangan elektroda didasarkan pada tanda-tanda hipotesis terjadinya tanah longsor. Prosedur pengambilan data di lapangan dapat ditunjukkan pada diagram alir Gambar 3.1.

Pengukuran yang dilakukan adalah dengan memasang 4 elektroda (2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial) yang diletakkan sejajar dalam satu garis lurus dengan lebar spasi tertentu. Akuisisi survei geolistrik ini dilakukan dengan jalan menginjeksikan arus listrik ke bawah permukaan bumi dari elektroda arus untuk mendapatkan respon dari bawah permukaan berupa tegangan listrik yang akan diterima oleh elektroda potensial.

Tabel 3.1. Spesifikasi lintasan pengukuran

No	Lintasan	Titik awal		Titik Akhir		Arah
		Koordinat	Elevasi (MDPL)	Koordinat	Elevasi (MDPL)	
1	1	E564788.76	67.93	E564757.03	69.54	N340E
		N9209812.66		N9209911.38		
2	2	E564777.19	66.5	E564744.89	70.14	N345E
		N9209808.98		N9209913.90		
3	3	E564751.55	63.58	E564740.39	63.84	N355E
		N9209817.84		N9209916.46		
4	4	E564733.51	61.18	E564733.19	70.86	N360E
		N9209810.97		N9209915.38		
5	5	E564789.25	68.33	E564679.19	62.71	N270E
		N9209812.94		N9209815.60		
6	6	E564780.32	65.01	E564670.13	68.47	N270E
		N9209837.08		N9209836.13		



Gambar 3.5. Peta lintasan akuisisi data survei geolistrik

Dalam pelaksanaan pengambilan data lapangan kali ini, digunakan pengukuran geolistrik tahanan jenis dengan metode mapping konfigurasi Wenner dan konfigurasi Dipole-dipole. Akan didapatkan nilai perubahan tanah jenis untuk setiap lapisan pada suatu titik pengukuran. Pengambilan data lapangan kali ini dilakukan dengan menggunakan enam lintasan dengan panjang 110 meter. Empat lintasan saling sejajar satu sama lain dengan posisi melintang dari selatan ke utara diukur dengan konfigurasi Wenner. Sedangkan dua lintasan yang lainnya melintang dari arah timur ke barat diukur dengan konfigurasi Dipole-dipole.

Proses pengambilan data dapat dilakukan melalui 2 tahap pekerjaan yaitu kegiatan pra survei dan survei lapangan. Pekerjaan pra survei terlebih dahulu dilakukan penentuan lokasi titik pengukuran dan mencatat posisi dan ketinggian setiap titik pengukuran. Survei lapangan meliputi kegiatan:

- Meletakkan elektroda-elektroda arus dan tegangan sesuai dengan konfigurasi yang digunakan pada masing-masing lintasan ukur.
- Menginjeksikan arus dengan besar yang telah ditentukan melalui elektoda arus.
- Mencatat beda potensial yang terukur yang dihasilkan oleh perbedaan elektoda potensial.
- Mengukur besar resistivitas yang didapatkan.
- Mencatat hal-hal penting : posisi dan elevasi elektroda, arus dan potensial yang digunakan tiap pengukuran, resistivitas semu yang didapat di resistivity meter, kondisi geologi secara umum di lapangan.

Digunakan pula beberapa perangkat lunak sistem komputer pada penelitian kali ini. Perangkat lunak yang digunakan antara lain:

- Res2Dinv dan AGI EarthImager 2D digunakan untuk menampilkan gambar penampang 2 dimensi bawah permukaan.
- Surfer 11 untuk mengolah data koordinat GPS serta data terrain untuk menghasilkan peta topografi yang ditampilkan dalam penampang 2D dan 3D.
- IP2Win digunakan untuk mengolah data *sounding* yang menghasilkan informasi mengenai data *log* pada area penelitian.
- Notepad++ digunakan untuk input data yang nantinya digunakan di software Surfer 11, Res2Dinv, IP2Win dan AGI EarthImager 2D.
- Microsoft Word berfungsi sebagai media dalam penulisan laporan penelitian.
- Microsoft Excel berfungsi untuk menginput dan menghitung data yang dihasilkan.
- Google Earth berfungsi untuk mengetahui letak dan topografi daerah penelitian.
- Corel Draw 2017 sebagai program grafis untuk membuat korelasi antar penampang struktur bawah permukaan.

3.4 Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari survei geolistrik tahanan jenis adalah nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*). Data tersebut harus diolah hingga didapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya (*true resistivity*). Digunakan *software* Res2Dinv dan AGI EarthImager 2D untuk melakukan permodelan kondisi bawah permukaan tanah

secara dua dimensi berdasarkan nilai resistivitas tiap lapisan batuan di bawah permukaan.

Untuk menentukan resistivitas bawah permukaan yang sesungguhnya, digunakan program komputer untuk menghitung inversi nilai resistivitas semu yang terukur. Nilai tahanan jenis semu untuk survei sintetis dilakukan dengan susunan elektroda ditentukan pengguna dan resistivitas distribusi menggunakan elektroda profil.

3.5 Interpretasi Data

Interpretasi diartikan sebagai penerjemahan bahasa fisis berupa nilai tahanan jenis (resistivitas) menjadi bahasa geologi yang lebih umum. Interpretasi data dilakukan secara diskriptif pada hasil pemodelan struktur bawah permukaan hasil pengolahan data yang sesuai dengan informasi geologi daerah penelitian. Oleh karena itu, dalam melakukan interpretasi diperlukan pengetahuan geologi daerah penelitian untuk mengetahui jenis batumannya.

Interpretasi data yang dilakukan dengan melihat karakteristik atau kecenderungan harga resistivitas yang diperoleh dari hasil pemodelan dengan *Software* Res2Dinv dan AGI EarthImager. Cara menginterpretasi adalah dengan mengkorelasikan penampang 2D hasil pengolahan data software Res2Dinv dan AGI EarthImager 2D yang berupa informasi nilai resistivitas, kedalaman, dan ketebalan material dengan informasi geologi maupun penelitian terdahulu.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

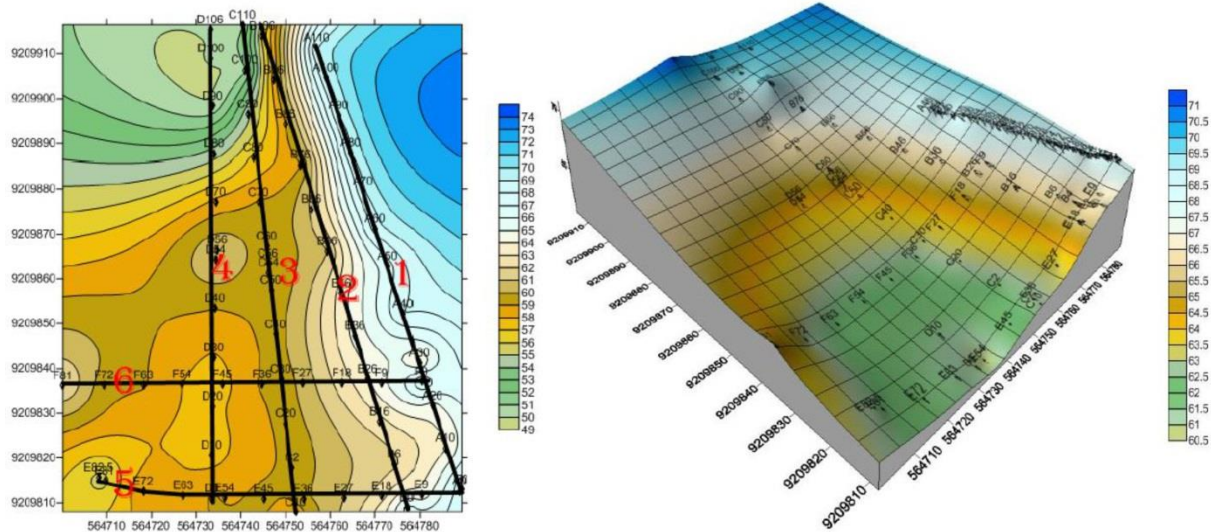
4.1 Analisa Data

4.1.1 Akuisisi Data Lapangan

Pengukuran data resistivitas 2D di Desa Nglajo Kecamatan Cepu Kabupaten Blora Jawa Tengah, yang berlokasi di sekitar Jalan Taman Bahagia sebelah selatan Taman Makam Pahlawan Nglajo. Kecamatan Cepu berjarak kurang lebih 38 km dari kota Kabupaten Blora. Kabupaten Blora sendiri tersusun dari morfologi dataran rendah dan perbukitan dengan ketinggian 20 hingga 28 mdpl.

Pengambilan data pada area telitian dilakukan dengan konfigurasi Wenner dan konfigurasi Dipole-dipole pada 6 lintasan dengan panjang masing-masing lintasan 110 meter. Dimana terdapat 4 lintasan dengan posisi saling sejajar satu sama lainnya yang melintang dari arah selatan ke utara. Keempat lintasan tersebut yaitu lintasan 1, 2, 3 dan 4 diukur dengan menggunakan konfigurasi Wenner. Sedangkan 2 lintasan lainnya, yaitu lintasan 5 dan 6 dengan posisi yang juga saling tegak lurus melintang dari arah timur ke barat diukur dengan konfigurasi Dipole-dipole.

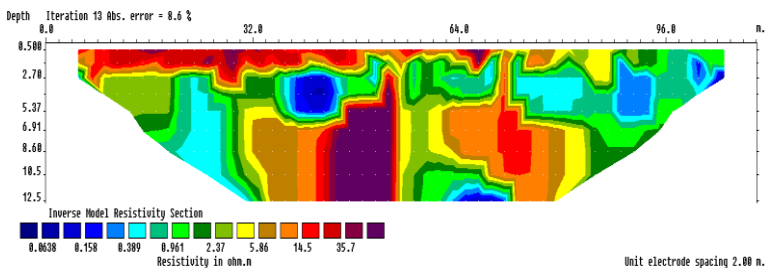
Untuk mempermudah interpretasi sehingga keenam lintasan diletakkan dengan posisi saling berpotongan, sesuai dengan yang ditampilkan pada Gambar 4.1. Gambar 4.1 adalah peta topografi keenam lintasan akuisisi data geolistrik resistivitas. Untuk mendapatkan data lokasi yang cukup baik, disetiap lintasan geolistrik dilakukan pengukuran koordinat menggunakan GPS Geodetik Trimble R10 dengan metode Real Time Precise Point Positioning (RT-PPP). Data GPS yang berupa koordinat dan topografi diolah dengan menggunakan *software Surfer 11* untuk mendapatkan tampilan topografi dari lintasan yang berupa tampilan 2D maupun 3D.



4.1.2 Pengolahan Data dengan Res2DInv

Penelitian kali ini menerapkan metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi Wenner dan Dipole-dipole. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang selanjutnya akan diolah dengan *software* Res2DInv untuk mendapatkan tampilan dua dimensi penampang resistivitas dari struktur lapisan tanah bawah permukaan.. Metode inversi yang digunakan adalah metode inversi dengan optimasi *least square*.

Teknik inversi pada *software* Res2DInv yang diterapkan pada pengolahan data kali ini adalah robust constrain inversion (L_1 -norm). Teknik robust constrain inversion menunjukkan dengan sangat baik hasil resolusi batas antar lapisan yang tidak dipengaruhi oleh tipe konfigurasi yang digunakan saat pengambilan data. Dengan demikian teknik ini mampu memberikan hasil yang optimal untuk geologi bawah permukaan yang terdiri dari material yang homogen dengan batas antar material yang tajam. L_1 -norm atau *blocky* adalah metode optimasi yang memiliki kecenderungan menghasilkan model yang konstan secara parsial. Teknik ini mungkin lebih sesuai dengan geologi yang diketahui dalam beberapa situasi. (Loke, 2004)



Gambar 4.2. Penampang resistivitas 2D hasil inversi dengan Res2DInv pada lintasan 1

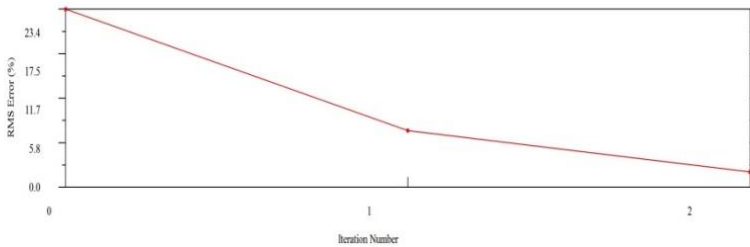
Pada Gambar 4.2 ditampilkan hasil olahan data resistivitas 2D dengan menggunakan perangkat lunak Res2DInv. Hasil penampang dari data resistivitas yang terukur pada lintasan 1 tersebut diolah dengan menggunakan iterasi sebanyak 13 kali

dengan RMS error sebesar 8,6%. Iterasi adalah suatu proses perhitungan ulang dari data untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Metode optimasi pada dasarnya mencoba untuk mengurangi selisih antara nilai resistivitas yang terhitung dan nilai *apparent resistivity* yang terukur dengan menyesuaikan resistivitas dari blok model. Perbedaan ini diberikan oleh *root-meansquared (RMS) error*. Namun model dengan RMS error serendah mungkin kadang dapat menunjukkan variasi yang besar dan tidak realistis dalam model resistivitas dan mungkin tidak selalu menjadi model "terbaik" dari perspektif geologis. Secara umum pendekatan yang paling bijaksana adalah memilih model pada iterasi, setelah itu RMS error tidak berubah secara signifikan. Hal ini biasanya terjadi antara iterasi ke-3 dan ke-5.

4.1.3 Pengolahan Data dengan AGI EarthImager 2D

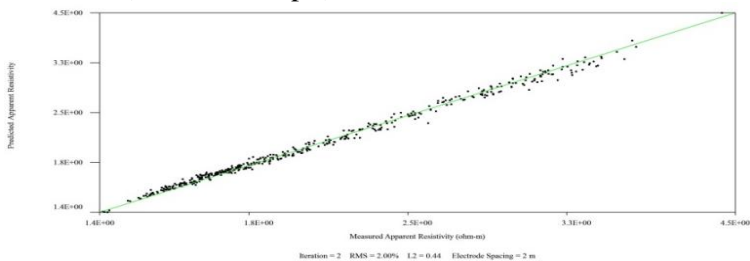
Selain menggunakan perangkat lunak Res2DInv digunakan pula perangkat AGI EarthImager 2D untuk memperoleh penampang resistivitas yang merepresentasikan penampang geologi bawah permukaan. Digunakan teknik *smooth model inversion* karena memiliki hasil yang lebih stabil dan kuat. Teknik inversi ini juga tepat digunakan pada semua tipe data resistivitas yang akan diolah dengan perangkat lunak AGI EarthImager 2D.

Hasil pengolahan data pada AGI EarthImager 2D memiliki 3 bagian, pada bagian pertama berupa *Measured Apparent resistivity Pseudosection* yang merupakan tampilan bawah permukaan dari data hasil pengukuran dan pada bagian data ini merupakan data resistivitas semu dari lokasi pengukuran. Bagian kedua berupa *Calculated Apparent resistivity Pseudosection* yang merupakan tampilan hasil perhitungan dari data hasil pengukuran dan bagian ini merupakan data resistivitas semu. Bagian ketiga berupa *Inverted Resistivity Section* yang merupakan tampilan hasil inversi data pengukuran dan bagian ini merupakan tampilan resistivitas sebenarnya dari bawah permukaan.



Gambar 4.3. Grafik *Convergence Curve of Resistivity Inversion* hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 2

Pada pengolahan data resistivitas menggunakan AGI EarthImager 2D terdapat item submenu *Convergen curve of resistivity inversion* yang menunjukkan hubungan antara presentase RMS error dengan banyaknya iterasi yang dilakukan dalam pengolahan data.. Hal tersebut ditunjukkan dengan grafik yang linier kebawah pada Gambar 4.3 yang merupakan hasil olahan dari data resistivitas 2D dari lintasan 2. Grafik tersebut menunjukkan semakin banyak iterasi dilakukan maka semakin berkurangnya angka RMS error dalam satuan persen. Pada saat iterasi yang pertama diperoleh nilai RMS error 6,1% sedangkan pada iterasi yang kedua angka RMS error semakin kecil yaitu 2,00%. Hasil yang sama juga ditunjukkan dari pengolahan data resistivitas pada kelima lintasan yang lain dimana semakin banyak iterasi dilakukan maka semakin berkurangnya angka RMS error (Grafik terlampir).



Gambar 4.4. Grafik *Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data* hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 2

Submenu *Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data* menunjukkan kecocokan antara data nilai resistivitas yang terukur dengan data prediksi *Apparent Resistivity*. Jika nilai resistivitas yang terhitung sesuai dengan nilai prediksi *Apparent Resistivity*, titik data harus terletak pada garis hijau. Sumbu horisontal adalah logaritma resistivitas yang terukur dan sumbu vertikal adalah logaritma resistivitas yang dihitung atau dimodelkan.

Ditinjau dari Gambar 4.4 yang menunjukkan grafik hasil olahan dari data resistivitas 2D dari lintasan 2. Dari grafik tersebut menunjukkan kesesuaian nilai resistivitas yang terukur dengan nilai resistivitas yang dimodelkan pada penampang lintasan 2, hal tersebut ditunjukkan dengan berhimpitnya titik-titik data dengan garis yang berwarna hijau. Walaupun ada beberapa titik yang tidak berhimpit dengan garis, tetapi letak titik yang tidak berhimpit tersebut tersebar tidak jauh dari garis. Hal tersebut menunjukkan terdapat ketidaksesuaian antara data resistivitas yang terukur di titik tersebut dengan data resistivitas yang dimodelkan tetapi ketidaksesuaian tersebut bernilai kecil, sesuai dengan hasil RMS error pada lintasan 2 yang diperoleh sebesar 2,00%.

4.2 Hasil Interpretasi Data Penampang Resistivitas 2D

4.2.1 Interpretasi Data dengan Res2DInv

Penelitian kali ini berlatar belakang dari pendugaan adanya potensi akan terjadi tanah longsor pada area telitian yaitu disekitar Jalan Taman Bahagia sebelah selatan Taman Makam Pahlawan Nglajo, Kec. Cepu. Dengan tujuan untuk mengetahui letak bidang gelincir tanah longsor disekitar area telitian, maka dilakukan identifikasi penampang lapisan tanah hasil interpretasi yang diperoleh dari analisa data geolistrik.

Pengambilan data pada area telitian dilakukan pada 6 lintasan dengan panjang masing-masing lintasan 110 meter. Dimana terdapat 4 lintasan dengan posisi saling sejajar satu sama lainnya yang melintang dari arah selatan ke utara. Sedangkan 2

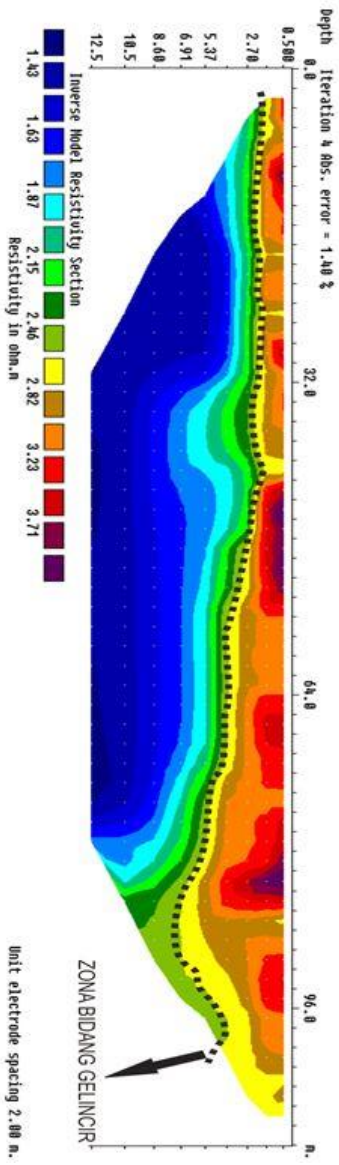
lintasan lainnya dengan posisi yang juga saling tegak lurus melintang dari arah timur ke barat diukur dengan konfigurasi Dipole-dipole. Peta dan letak lintasan ukur dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Seperti yang telah disebutkan diatas, dilakukan analisis penampang resistivitas 2D yang mencitrakan struktur bawah permukaan untuk mengetahui posisi adanya zona bidang gelincir tanah longsor pada area telitian. Zona bidang gelincir adalah salah satu komponen yang sangat berpengaruh pada terjadinya tanah longsor.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi bidang gelincir adalah metode geolistrik resistivitas. Penampang hasil pemodelan resistivitas 2D menunjukkan struktur geologi bawah permukaan yang terdiri dari berbagai jenis material batuan. Pada penampang resistivitas 2D menunjukkan Inverted Resistivity Section yang merupakan tampilan hasil inversi data pengukuran dan bagian ini merupakan tampilan resistivitas sebenarnya dari bawah permukaan. Berangkat dari hal itu, dapat dianalisis jenis material batuan penyusun struktur geologi bawah permukaan.

Dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 yang menampilkan penampang 2D hasil pengolahan data resistivitas dari lintasan 3. Peta topografi area telitian pada Gambar 4.1 yang menunjukkan posisi lintasan 3 berada ditengah-tengah area telitian, sehingga lintasan 3 dapat menjadi representasi dari kelima lintasan yang lain. Lintasan 3 sepanjang 110 meter melintang dari arah selatan ke utara, dengan arah lintasan N355E. Titik 0 pengukuran terletak pada koordinat E564751,55 dan N9209817,84 dengan elevasi 63,58 mdpl, sedangkan pada titik 110 meter terletak pada koordinat E564740,39 dan N9209916,46 dengan elevasi 63,84 mdpl.

Pengambilan data pada lintasan ini dilakukan dengan konfigurasi Wenner. Penampang hasil olahan perangkat lunak Res2DInv memiliki RMS error sebesar 1,40% dengan empat kali proses iterasi. Pada Gambar 4.5 terlihat variasi dari harga tahanan



Gambar 4.5. penampang hasil pengolahan data resistivitas dengan Res2DInv pada lintasan 3

jenis yang dicirikan oleh skala-skala warna yang berbeda. Setiap warna mewakili nilai resistivitas dapat mempresentasikan jenis material batuan yang berbeda. Dimana *range* nilai resistivitas pada lintasan 3 berkisar dari 1,43 Ωm hingga 3,71 Ωm .

Jika penampang lintasan 3 hasil olahan perangkat lunak Res2DInv diinterpretasi terdapat gradasi warna dari hijau tua hingga biru tua dengan nilai resistivitas kurang dari 2,46 Ωm . Gradasi warna tersebut diperkirakan mewakili nilai resistivitas batuan aluvium seperti batuan lempung dan pasir yang terdapat pada area telitian. Lapisan tersebut terletak pada kedalaman di bawah 2,7 meter yang terletak di dekat titik 0 pengukuran hingga kedalaman di bawah 7 meter pada elektroda 90 meter dekat titik akhir pengukuran.

Selanjutnya ditinjau dari lintasan ukur yang lain, yaitu lintasan 1, 2 dan 4 dengan proses pengukuran data lapangan menggunakan konfigurasi Wenner serta lintasan 5 dan 6 yang menerapkan konfigurasi Dipole-dipole. Kelima lintasan tersebut sama seperti lintasan 3 yang memiliki panjang 110 m dengan rincian arah, letak titik ukur serta elevasi tercantum pada Tabel 3.1.

Seperti penampang lintasan 1 (gambar terlampir) memiliki RMS error sebesar 8,6% dengan 13 kali proses iterasi. Lintasan ini berada pada pinggir jalan aspal yang merupakan batuan atau tanah dari daerah lain (tanah urug). Sehingga nilai RMS eror ini sangat besar ditambah dengan adanya 3 tiang telepon yang berada pada lintasan ini. *Range* nilai resistivitas pada lintasan 1 berkisar dari 0,0638 Ωm hingga 35,7 Ωm . Jika penampang lintasan 1 diinterpretasi terdapat gradasi warna dari hijau tua hingga biru tua dengan nilai resistivitas kurang dari 2,37 Ωm . Gradasi warna tersebut diperkirakan mewakili nilai resistivitas batuan aluvium seperti batuan lempung dan pasir yang terdapat pada area telitian. Lapisan tersebut menyebar sepanjang lintasan terletak pada kedalaman 2 hingga 10 meter.

Lintasan ukur berikutnya adalah lintasan 2 (gambar terlampir) Penampang lintasan 2 memiliki RMS error sebesar

2,2% dengan 3 kali proses iterasi. *Range* nilai resistivitas pada lintasan 2 berkisar dari 1,45 Ωm hingga 7,37 Ωm . Hasil interpretasi lintasan 2 terdapat gradasi warna dari biru muda hingga biru tua dengan nilai resistivitas kurang dari 2,31 Ωm . Gradasi warna tersebut diperkirakan mewakili nilai resistivitas batuan aluvium seperti batuan lempung dan pasir yang terdapat pada area telitian. Lapisan tersebut menyebar sepanjang lintasan terletak pada kedalaman 2 hingga 10,2 meter.

Penampang lintasan 4 (gambar terlampir) memiliki RMS error sebesar 1,93% dengan 3 kali proses iterasi. *Range* nilai resistivitas pada lintasan 4 berkisar dari 1,24 Ωm hingga 4,52 Ωm . Jika penampang lintasan 4 diinterpretasi terdapat gradasi warna dari hijau tua hingga biru tua dengan nilai resistivitas kurang dari 2,68 Ωm . Gradasi warna tersebut diperkirakan mewakili nilai resistivitas batuan aluvium seperti batuan lempung dan pasir yang terdapat pada area telitian. Lapisan tersebut menyebar sepanjang lintasan terletak pada kedalaman 1,5 hingga 6,2 meter.

Dengan keadaan yang sama dengan lintasan 1 yang berada dekat dengan jalan beraspal. Penampang lintasan 5 (gambar terlampir) memiliki RMS error sebesar 5,00% dengan 25 kali proses iterasi. *Noise* data pada penampang 5 juga dihasilkan dari adanya batuan atau tanah dari daerah lain (tanah urug). *Range* nilai resistivitas pada lintasan 5 berkisar dari 0,0115 Ωm hingga 69,2 Ωm . Jika penampang lintasan 5 diinterpretasi terdapat gradasi warna dari hijau kecoklatan hingga hijau tua dengan nilai resistivitas kurang dari 2,05 Ωm . Gradasi warna tersebut diperkirakan mewakili nilai resistivitas batuan aluvium seperti batuan lempung dan pasir yang terdapat pada area telitian. Lapisan tersebut menyebar sepanjang lintasan terletak di bawah kedalaman 2 hingga 7 meter.

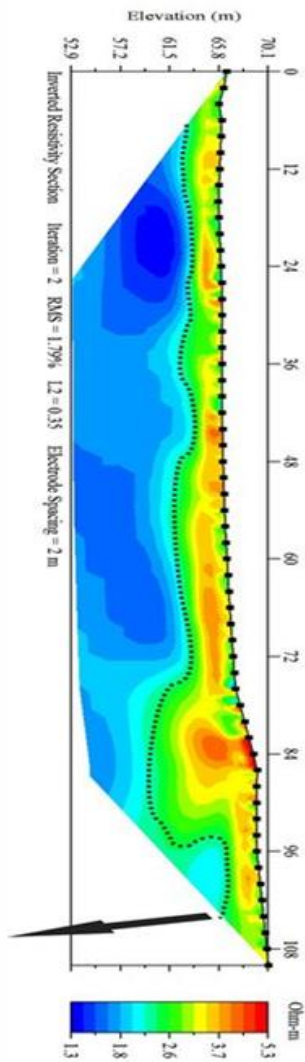
Yang terakhir pada penampang lintasan 6 (gambar terlampir) *range* nilai resistivitas berkisar dari 0,966 Ωm hingga 8,72 Ωm . Penampang lintasan 6 memiliki RMS error sebesar 3,5% dengan 5 kali proses iterasi. Jika penampang lintasan 6 diinterpretasi

terdapat gradasi warna dari hijau muda hingga hijau tua dengan nilai resistivitas kurang dari 2,48 Ωm . Gradasi warna tersebut diperkirakan mewakili nilai resistivitas batuan aluvium seperti batuan lempung dan pasir yang terdapat pada area telitian. Lapisan tersebut menyebar sepanjang lintasan terletak di bawah kedalaman yang cukup dangkal bila dibanding dengan kelima lintasan yang lain yaitu pada 0,5 meter hingga 5.

Anomali dari keenam penampang lintasan yang diolah dengan perangkat lunak Res2DInv diperkirakan adalah batuan aluvium adalah lapisan batu lempung dan pasir. Batu lempung ini memiliki nilai resistivitas yang rendah karena sifat ukuran butir yang halus dan kecil serta faktor adanya sedikit kandungan air dalam batu lempung ini menyebabkan nilai resistivitasnya semakin rendah dibandingkan batuan disekelilingnya. Sedangkan batu pasir yang memiliki nilai resistivitas yang sedang ini diduga merupakan sisipan batu pasir yang cukup jenuh air sehingga dapat menurunkan nilai resistivitasnya. Sedangkan gradasi warna kuning hingga merah yang memiliki nilai resistivitas tinggi kemungkinan adalah lapisan batuan lapuk dan tanah penutup atau endapan dimana rongga-rongga yang dapat terisi oleh air yang berasal dari air permukaan.

4.2.2 Interpretasi Data dengan AGI EarthImager 2D

Penampang hasil olahan perangkat lunak AGI EarthImager 2D dari lintasan 3 memiliki RMS error sebesar 1,79% dengan dua kali proses iterasi. Pada Gambar 4.6 terlihat variasi dari harga tahanan jenis, *range* nilai resistivitas pada lintasan 3 berkisar dari 1,3 Ωm hingga 5,3 Ωm . Didapat pula nilai L2 sebesar 0,35. L2-norm adalah ukuran lain dari data misfit, yang didefinisikan sebagai jumlah kuadrat dari besarnya error yang diperoleh. Setiap inversi *least squares* di EarthImager berhenti bila L2 lebih kecil dari jumlah pengukuran.



Gambar 4.6. Penampang hasil pengolahan data resistivitas dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 3

Jika diinterpretasi, penampang lintasan 3 hasil olahan perangkat lunak AGI EarthImager 2D terdapat gradasi warna dari biru muda hingga biru tua dengan nilai resistivitas kurang dari 2,4 Ω m. Seperti halnya pada interpretasi menggunakan Res2DInv, gradasi warna tersebut diperkirakan mewakili nilai resistivitas batuan aluvium seperti batuan lempung dan pasir yang terdapat pada area telitian. Lapisan tersebut menyebar sepanjang lintasan 3 dengan kedalaman 3 meter dari permukaan atau pada elevasi 62,8 meter yang terletak di dekat titik 0 pengukuran hingga kedalaman di bawah 7,5 meter pada elektroda 94 meter dekat titik akhir pengukuran.

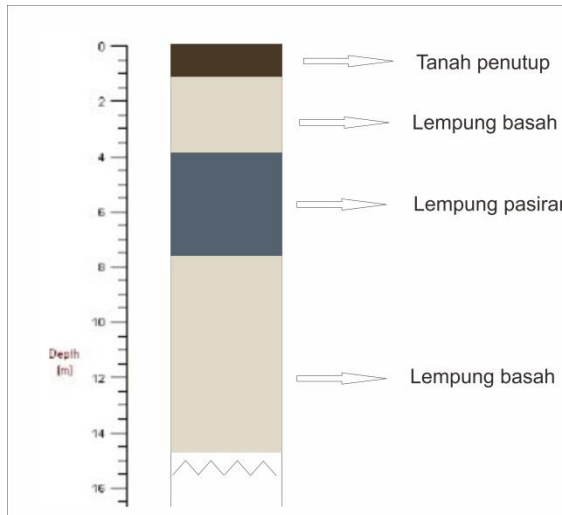
Selanjutnya ditinjau dari lintasan ukur yang lain, yaitu lintasan 1, 2, 4, 5 dan 6 (gambar terlampir) hasil pengolahan data resistivitas 2D menggunakan perangkat lunak AGI EarthImager 2D didapatkan penampang yang kurang lebih sama dengan yang diolah dengan perangkat lunak Res2DInv. Dimana hasil tersebut menunjukkan struktur tanah dan batuan dengan nilai resistivitas kurang dari 2,4 Ω m diidentifikasikan sebagai anomali bidang gelincir yang tersusun dari batuan aluvium berupa lempung dan pasir.

Bidang gelincir sendiri merupakan bidang yang kedap air dan licin. Bidang gelincir berada diantara bidang yang stabil (bedrock) dan bidang yang bergerak atau bidang yang tergelincir. Bedrock sendiri merupakan batuan dasar kokoh (consolidated), terendap dan terkubur dibawah tanah atau berada dibawah lapisan tanah yang lain yang tidak kokoh (unconsolidated). Tanah pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan/pegunungan dengan kemiringan sedang hingga terjal berpotensi mengakibatkan tanah longsor.

4.2.3 Interpretasi Dengan Data *Sounding*

Hasil investigasi lebih lanjut dengan teknik *sounding* konfigurasi Wenner dilakukan dengan tinjauan pada lintasan 3. Pengolahan data *sounding* dilakukan dengan perangkat lunak IP2Win (hasil terlampir) menunjukkan struktur tanah dan batuan

sebanyak tiga jenis batuan. Berikut adalah tabel yang menunjukkan hasil interpretasi data *sounding* dari perangkat lunak IP2Win:



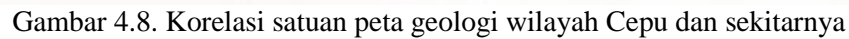
Gambar 4.7. Interpretasi bawah permukaan titik *sounding* pada lintasan 3

Pada Gambar 4.7 menampilkan susunan lapisan tanah dan batuan dengan ketebalan dan variasi kedalaman masing-masing. Titik *sounding* terletak di Lintasan 3 dimana proses pengambilan data di lapangan menggunakan konfigurasi Wenner memiliki jangkauan kedalaman hingga 15,5 meter dari muka tanah. Terdapat empat lapisan tanah yang terlihat menyusun lapisan bawah permukaan bumi sebagaimana yang tercantum pada Tabel 4.1. Jenis lapisan tanah berupa lempung basah diduga sebagai anomali bawah permukaan yang dicari yaitu sebuah bidang gelincir. Interpretasi data dengan metode sounding kali ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui lebih detail susunan lapisan tanah dan batuan dengan ketebalan dan variasi letaknya pada kedalaman tertentu.

Tabel 4.1. Hasil interpretasi lapisan tanah pada titik *sounding* lintasan 3

No	Litologi	Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)
1	Tanah penutup	3.01 - 2.41	0-1.06
2	Lempung basah	2.41-6.03	1.06-3.92
3	Pasir lempungan	6.03-0.218	3.92-7.26
4	Lempung basah	0.218-2.14	>7.26

Terdapat kesesuaian antara hasil interpretasi data *sounding* dengan informasi peta geologi di daerah Cepu dan sekitarnya. Batuan dasar yang memiliki nilai resistivitas dibawah 2,4 Ωm yang diinterpretasikan sebagai batuan aluvium berupa batuan lempung dari Formasi Lidah. Formasi Lidah tertutup oleh endapan alluvial dan endapan ters sungai. Pada Gambar 4.8 terlihat bahwa dibeberapa titik, Formasi Lidah tertutup oleh batuan aluvium yang tersusun dari lempung, pasir, kerikil dan kerakal. Memperkuat asumsi bahwa di wilayah Cepu yang merupakan bagian dari Formasi Lidah mempunyai kondisi bawah permukaan yang terdiri batuan aluivium salah satunya adalah lempung dimana pada kasus ini dianggap sebagai anomali dari zona bidang gelincir tanah longsor. Dari peta geologi terlihat keberadaan struktur geologi yang relatif kompleks, hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut sudah mengalami proses geologi yang sangat kuat.



Qal	ALUVIUM ALLUVIUM	: Lempung, pasir, kerikil dan kerakal : Clay, sand, gravel and pebble	Tpm	FORMASI MUNDU MUNDU FORMATION	: Napal : Marl
Upa	FORMASI NOTOPURO NOTOPURO FORMATION	: Tuf, batupasir tufan dan konglomerat : Tuff, tuffaceous sandstone and conglomerate	Tpr	FORMASI PACIRAN PACIRAN FORMATION	: Terumbu koral : Coral reef
Upr	BREKSI PANDAN PANDAN BRECCIA	: Breksi gunungapi : Volcanic breccia	Tpk₁	ANGGOTA ATASANGIN, FORMASI KALIBENG ATASANGIN MEMBER, KALIBENG FORMATION	: Batupasir tufan dan breksi, bersisipan napal, batu- lempung dan lasas : Tuffaceous sandstone and breccia, with marl, claystone and silt intercalation
Qia	BATUAN TEROBOSAN INTRUSIVE ROCKS	: Andesit piroklastik : Pyroclastic andesite	Tmk	FORMASI KALIBENG KALIBENG FORMATION	: Napal, setempat sisipan tuf, batupasir tufan dan kalkarenit : Marl, locally with intercalations of tuff, tuffaceous sandstone and calcarenite
Qpk	FORMASI KABUH KABUH FORMATION	: Konglomerat, batupasir, setempat bersisipan Lempung dan napal : Conglomerate, sandstone and locally marl and clay intercalations	Tml	FORMASI LEDOK LEDOK FORMATION	: Perselingan kalkarenit, batupasir dan napal : Alternation of calcarenite, sandstone and marl
QTI	FORMASI LIDAH LIDAH FORMATION	: Batulempung, setempat bersisipan batupasir dan batugamping : Claystone, locally with sandstone and limestone intercalations	Tnw	FORMASI WONOCOLO WONOCOLO FORMATION	: Napal, bersisipan kalkarenit dan batulempung : Marl with calcarenite and claystone intercalation
QTp	FORMASI PUCANGAN PUCANGAN FORMATION	: Breksi dan batupasir tufan : Breccia and tuffaceous sandstone	Tmk	FORMASI KEREK KEREK FORMATION	: Perselingan batupasir, batulempung, tuf napal dan batu gamping : Alternation of sandstone, claystone, tuff, marl and limestone
QTD	ANGGOTA DANDER, FORMASI LIDAH DANDER MEMBER, LIDAH FORMATION	: Batugamping terumbu dan batugamping : Reef limestone and bedded limestone	Tmb	FORMASI BULU BULU FORMATION	: Kalkarenit : Calcarenite
Tpa	FORMASI SELOREJO SELOREJO FORMATION	: Perselingan batugamping pasir dan batupasir gamping : Alternation of limestone and calcareous sandstone	Tnn	FORMASI NGRAYONG NGRAYONG FORMATION	: Perselingan batupasir dan batulempung pasir dengan sisipan batulempung karbonat dan setempat batu gamping : Alternation of sandstone and arenaceous claystone with carbonaceous claystone and locally limestone intercalations
Tps	FORMASI SONDE SONDE FORMATION	: Perselingan batulempung dan batupasir tufan, bersisipan batugamping : Alternation of claystone, tuffaceous sandstone and limestone intercalation	Taw	FORMASI TAWUN TAWUN FORMATION	: Batulempung pasir dengan sisipan batupasir dan batu gamping : Arenaceous claystone with sandstone and lime stone intercalations
Tpk	FORMASI KLITIK KLITIK FORMATION	: Batugamping klastika bersisipan napal dan batu lempung : Clastic limestone, with marl and claystone intercalation			

Gambar 4.9. Keterangan peta geologi wilayah Cepu dan sekitarnya

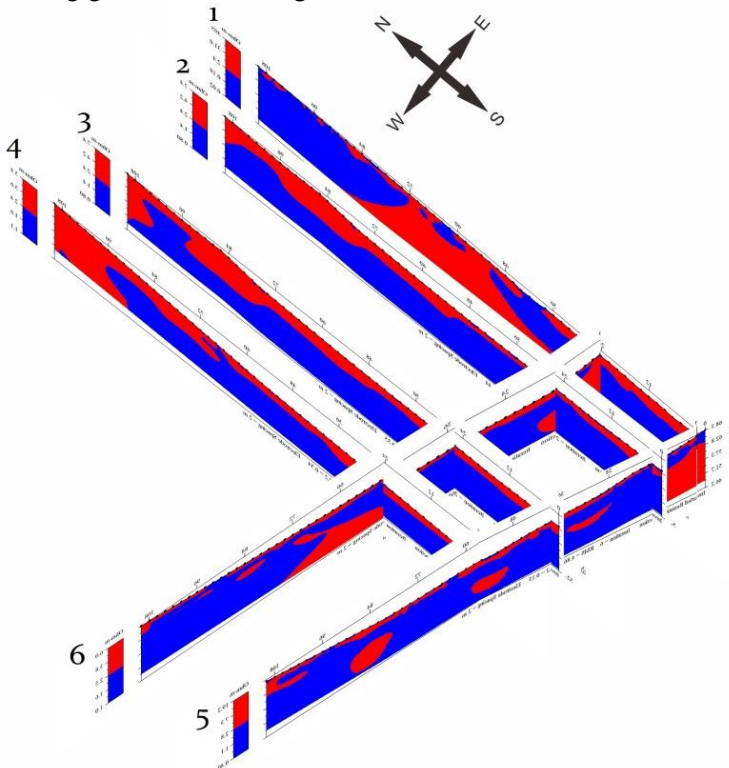
4.2.4 Interpretasi Zona Bidang Gelincir Tanah Longsor

Dilakukan pengolahan dengan perangkat lunak Res2DInv dan AGI EarthImager 2D pada data sekunder hasil pengukuran data resistivitas dari keenam lintasan. Kemudian dilakukan interpretasi dan korelasi antara penampang hasil pemodelan dari kedua perangkat lunak yang digunakan. Tujuan dilakukannya korelasi hasil pemodelan penampang resistivitas 2D adalah untuk mempermudah analisa struktur bawah permukaan. Selain itu korelasi kedua hasil penampang tersebut dapat menghindari ambiguitas atau multitafsir mengingat tidak tersedianya satupun data bor (*bore hole*) hasil pengukuran data lapangan. Sehingga analisis yang dilakukan menggunakan metode deskriptif ini nantinya akan dapat menggambarkan struktur bawah permukaan dengan akurat.

Dari pembahasan penampang srstruktur bawah permukaan bumi pada Subbab 4.2.1 dan 4.2.2, dapat diketahui bahwa dari dua olahan perangkat lunak yang digunakan menunjukkan keselarasan. Baik dari jenis anomali yang teridentifikasi, *range* nilai resistivitas, jangkauan kedalaman maupun ketebalan setiap lapisan. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian hasil dari pengolahan data kedua perangkat lunak yang digunakan untuk mendapatkan penampang resistivitas 2D pada penelitian kali ini. Perbedaan kecil hanya terlihat pada penampang hasil dari pengolahan menggunakan AGI EarthImager 2D memiliki citra yang bersifat lebih homogen jika dibanding dengan penampang hasil olahan Res2DInv.

Berangkat dari itu, untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang bidang gelincir di masing-masing lintasan, maka penulis menginterpretasikan hasil pengolahan data geolistrik dengan menggunakan software AGI EarthImager 2D dengan membagi level warna penampang hanya menjadi 2 warna saja. Dengan tujuan untuk mempermudah

identifikasi lapisan yang manakah yang merupakan zona bidang gelincir tanah longsor.



Gambar 4.10. Korelasi keenam penampang resistivitas 2D

Pada Gambar 4.9 diatas, keenam penampang resistivitas 2D hasil pengolahan data dengan perangkat lunak AGI EarthImager 2D dikorelasikan sesuai dengan posisi lintasan pada peta topografi pad Gambar 4.1. Hasil korelasi tersebut dapat menginterpretasikan dengan jelas dugaan adanya zona bidang gelincir tanah longsor pada area telitian. Pembagian ini berdasarkan identifikasi anomali permukaan yaitu untuk nilai resistivity kurang dari $2,4 \Omega\text{m}$ sebagai batuan dasar yang diwaili dengan warna

biru pada penampang. Selanjutnya nilai resistivitas diatas 2,4 Ωm sebagai wet clay atau tanah urug/rombakan diwakili dengan warna merah.

Seperti yang ditunjukkan pada lapisan warna merah pada penampang Gambar 4.9. Hasil interpretasi penampang bawah permukaan 2D dari semua lintasan, dapat diambil asumsi bahwa pada daerah penelitian memiliki nilai resistivitas diatas 2,4 Ωm dapat diinterpretasikan sebagai batuan lepas (rombakan dari urugan) atau batuan lempung mengandung air (wet clay) sehingga dapat diinterpretasikan bahwa bidang gelincir pada gerakan tanah di daerah telitian merupakan bidang batas antara batuan dengan nilai resistivity kurang dari 2,4 Ωm

Sedangkan lapisan warna biru pada penampang dari Gambar 4.9 diperkirakan pula sebagai zona jenuh air tanah yang mendominasi lapisan bawah permukaan. Salah satu ciri zona jenuh air adalah bersifat kedap air yang tidak mampu mengalirkan air ataupun tertembus oleh air. Curah hujan yang tinggi mengakibatkan air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Bidang gelincir dapat diperoleh dari contrast resistivity antar dua batuan yang saling berdekatan. Bila resistivitas lapisan atasnya lebih tinggi dari resistivitas lapisan bawahnya, maka sangat memungkinkan terjadi longsoran hal ini dikarenakan lapisan tersebut akan mudah terkikis dan mengalir. Korelasi keenam penampang menunjukkan bahwa pada setiap lintasan terdapat zona bidang gelincir dengan kedalaman yang berbeda-beda dari 0,5 hingga 11 meter dibawah permukaan tanah.

Dari peta topografi pada Gambar 4.1 diketahui bahwa posisi area telitian lebih landai ke arah barat dan selatan.

Zona bidang gelincir terdapat pada semua lintasan. Yang sangat terlihat adalah pada lintasan 2, 3 dan 4 dimana bidang gelincir tersebar dan membentang dari arah utara ke selatan. Jenis pergerakan tanah longsor yang mungkin terjadi pada daerah ini adalah jenis rayapan (creeping). Jenis pergerakan ini dapat diidentifikasi dari jenis material penyusun struktur bawah permukaan daerah telitian. Daerah telitian memiliki batuan dasar berupa lempung dan diatas batuan dasar merupakan batuan rombakan yang berupa tanah lepas/ rombakan dari lempung.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Identifikasi Zona Bidang Gelincir Tanah Longsor Studi Kasus Desa Nglajo Kec. Cepu Kab. Blora” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Data lapangan dimana nilai resistivitas yang diperoleh berdasarkan survei geolistrik tahanan jenis dapat digunakan untuk menentukan zona bidang gelincir.
2. Zona bidang gelincir dapat terlihat pada penampang resistivitas 2D yang terletak di lintasan 2, 3 dan 4. Dimana bidang gelincir tersebar dan membentang dari arah utara ke selatan. dengan kedalaman yang berbeda-beda dari 0,5 hingga 11 meter dibawah permukaan tanah.
3. Bidang gelincir pada daerah penelitian merupakan bidang batas antara batuan dengan nilai resistivitas kurang dari $2,4 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai batuan aluvium berupa batuan lempung dari Formasi Lidah. Pergerakan tanah yang mungkin terjadi pada daerah ini adalah jenis rayapan (*creeping*). Daerah telitian memiliki batuan dasar berupa lempung dan diatas batuan dasar merupakan batuan rombakan lempung yang berupa tanah lepas.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan kesimpulan yang didapat dari penelitian yang berjudul “Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Identifikasi Zona Bidang Gelincir Tanah Longsor Studi Kasus Desa Nglajo Kec. Cepu Kab. Blora” penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlunya dilakukan penelitian yang lebih lanjut dengan penentuan posisi dan jumlah lintasan pengukuran yang lebih baik dari penelitian sebelumnya untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat mengenai pergerakan tanah pada area penelitian.
2. Dilakukan survei geofisika dengan menggunakan metode lain sebagai data pembanding.
3. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk menggunakan data bor (*bore hole*) di beberapa titik pada lokasi penelitian yang dapat dijadikan sebagai informasi tambahan yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Chiao-Yin Lu; Chao-Lung Tang; Yu-Chang Chan; Jyr-Ching Hu; Chung-Chi Chi. 2014. "Forecasting Landslide Hazard by the 3D Discrete Element Method: A Case Study of the Unstable Slope in the Lushan Hot Spring District, Central Taiwan". Journal homepage: www.elsevier.com/locate/enggeo.
- Epada, Pouyon Dieudonné; Sylvestre, Ganno; Tabod, Tabod Charles. 2012. "Geophysical and Geotechnical Investigations of a Landslide in Kekem Area, Western Cameroon". International Journal of Geosciences, 2012, 3. 780-789.
- Grandis, H., 2009. "Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI)". Jakarta.
- Hendrajaya, Lilik dan Arif, Idam. 1990. "Monograf, Geolistrik Tahanan Jenis". Laboratorium Fisika Bumi ITB. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Kearey, Philip; Brooks, Michael; Hill, Ian. 2002. "An Introduction to Geophysical Exploration: Third Edition". Blackwell Science L.td.
- Loke, H.M. 2004. "Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys". www.geoelectrical.com.
- Menke, William. 1984. "Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory". College of Oceanography Oregon State University. Oregon.
- Oztekin B, Topal T, Kolat C. 2006. "Assessment of Degradation and Stability of a Cut Slope in Limestone", Ankara-Turkey. Eng. Geol., 84: 12-30.
- Prameswari, W.F, dkk. 2012. "Analisa Resistivitas Batuan dengan Menggunakan Parameter Dar Zarrouk dan Konsep Anisotropi". JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, (2012) 1-6.

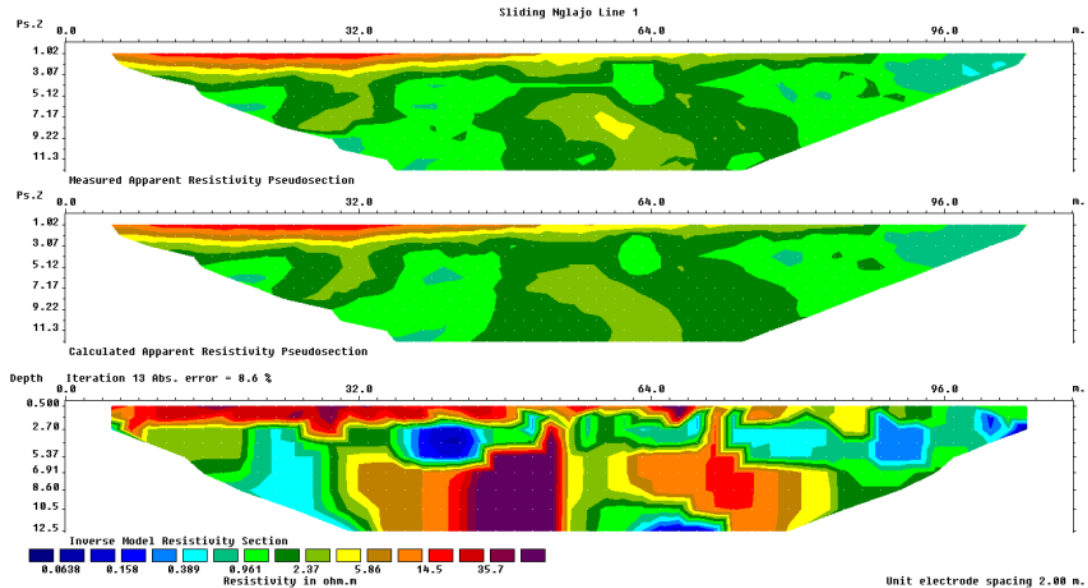
- Pringgoprawiro H dan Sukido, 2012. "Peta Geologi Lembar Bojonegoro, Jawa". Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Pringgoprawiro H, 1983. "Desertasi Doktor: Biostartigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara Suatu Pendekatan Baru". Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Pringgoprawiro H, Siti Djuehana dan Rubiyanto Kapid., 1985. "Stratigrafi dan Paleogeografi Kenozoikum Pulau Jawa". Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Priyantari, N. dan C. Wahyono. 2005. "Penentuan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi (Determination Of Slip Surface Based On Geoelectricity Properties)". Journal homepage:
www.mipa.unej.ac.id/data/vol6no2/nurul-pdf.
- R.Q. Zeng, X.M. Meng , F.Y. Zhang, S.Y. Wang, Z.J. Cui, M.S. Zhang, Y. Zhang, G. Chen. 2016. "Characterizing hydrological processes on loess slopes using electrical resistivity tomography-A case study of the Heifangtai Terrace, Northwest China". Journal of Hydrology:
www.elsevier.com/locate/jhydrol.742-753.
- Reynolds, J.M. 2011. "An introduction to applied and environmental geophysics-Second Edition". John Wiley & Sons Ltd, United Kingdom.
- Sadiku, Alexander, 2012, "Fundamentals of Electric Circuits, Fifth Edition". McGraw Hill Inc, New York.
- Sugito, Zaroh I., dan Indra P.J. 2010. "Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Kebarongan Kec. Kemranjen Kab. Banyumas". Berkala Fisika. Vol. 13, No. 2, hal 49-54.

- Supriyanto. 2007. "Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi". Departemen Fisika-FMIPA Univeristas Indonesia, Depok.
- Uhlemann, Sebastian; Wilkinson, Paul B; Chambers, Jonathan E; Maurer; Hansruedi; Merritt, Andrew J.; Gunn, David A.; Meldrum, Philip I. 2015. "Interpolation of landslide movements to improve the accuracy of 4D geoelectrical monitoring". *Journal of Applied Geophysics* 121 (2015) 93–105. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/jappgeo.
- Yilmaz, Sedat. 2011. "A Case Study of the Application of Electrical Resistivity Imaging for Investigation of a Landslide Along Highway". *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 6(24), pp. 5843-5849, 16 October, 2011.5843-5849.

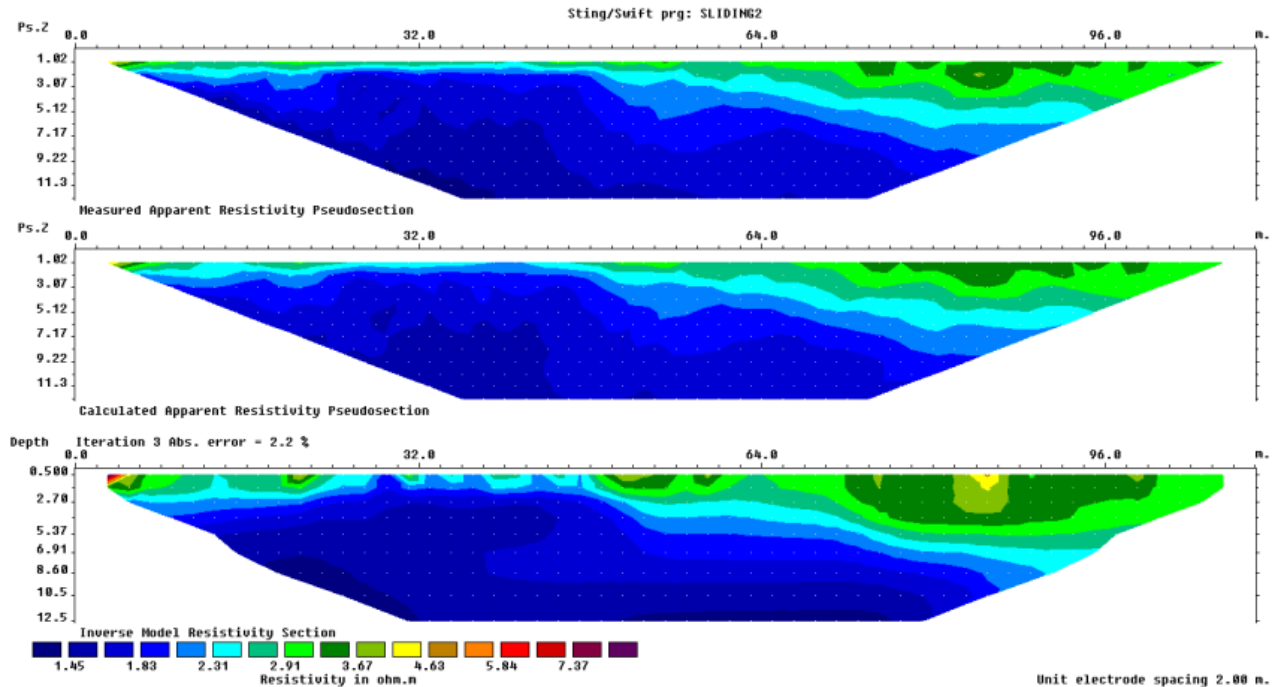
Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

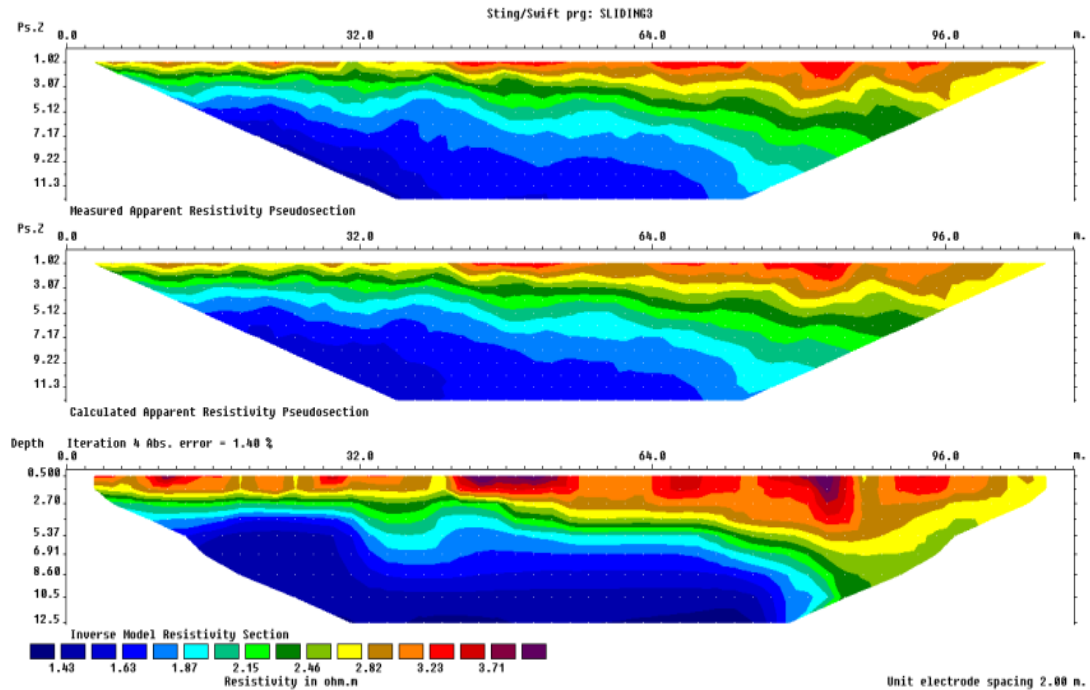
Hasil Pengolahan Data Resistivitas Menggunakan *Software* Res2dinv



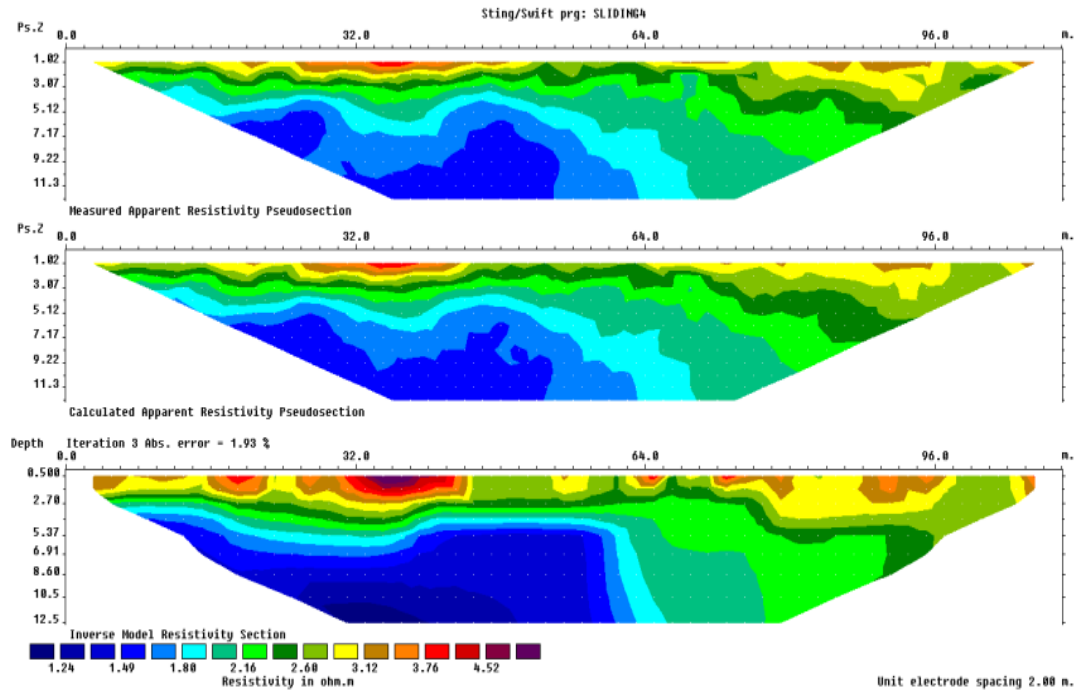
Gambar 1. Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 1



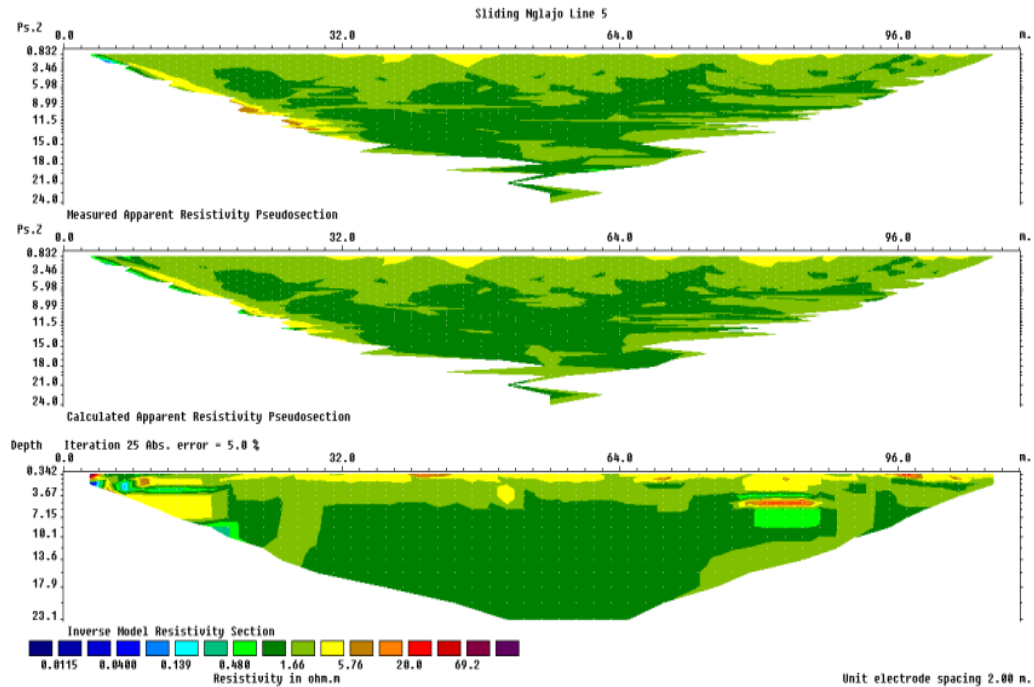
Gambar 2. Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 2



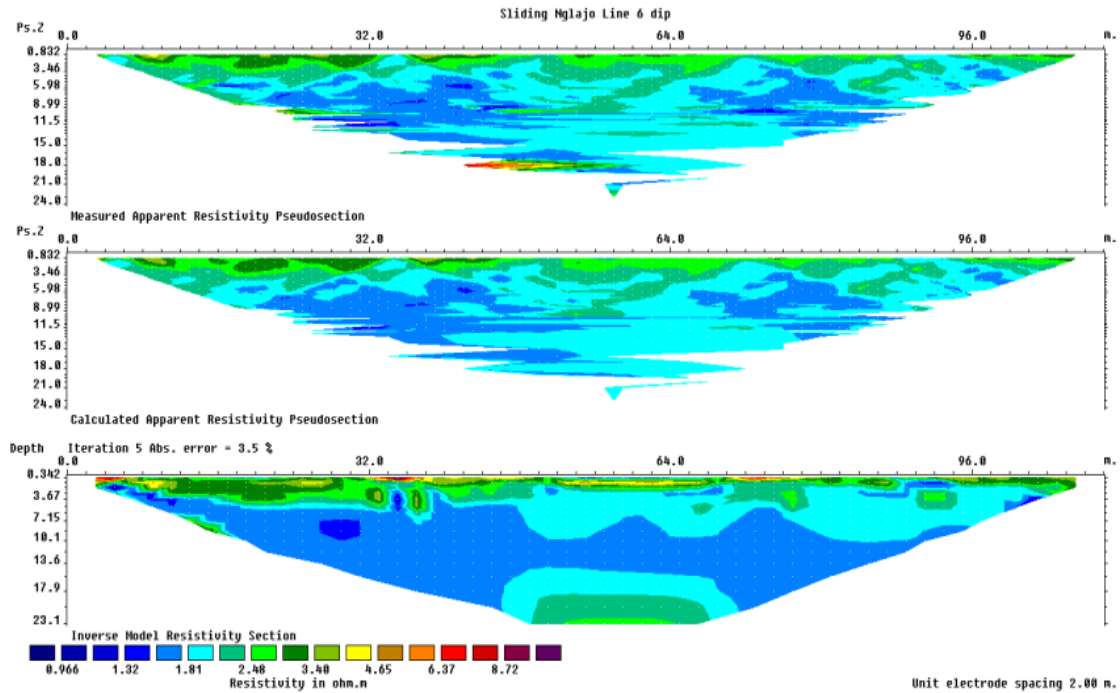
Gambar 3. Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 3



Gambar 4. Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 4



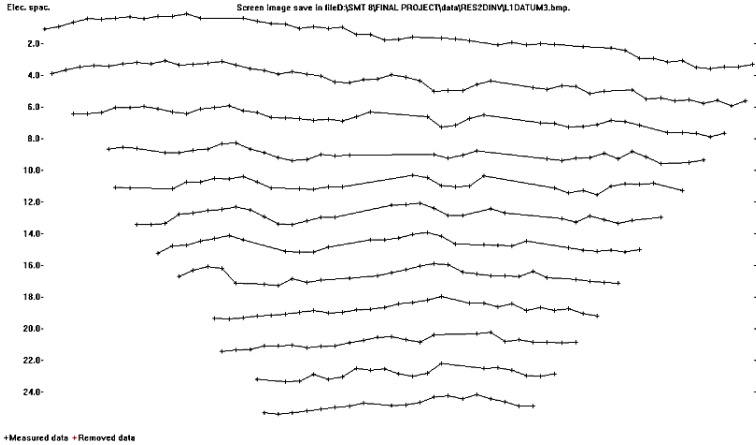
Gambar 5. Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 5



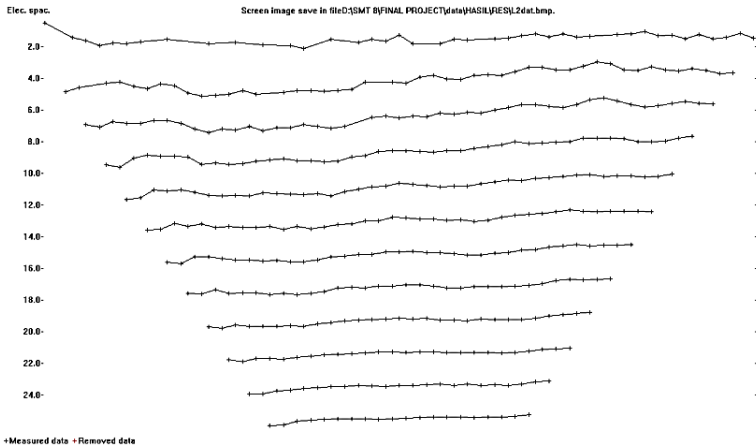
Gambar 6. Penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 6

LAMPIRAN B

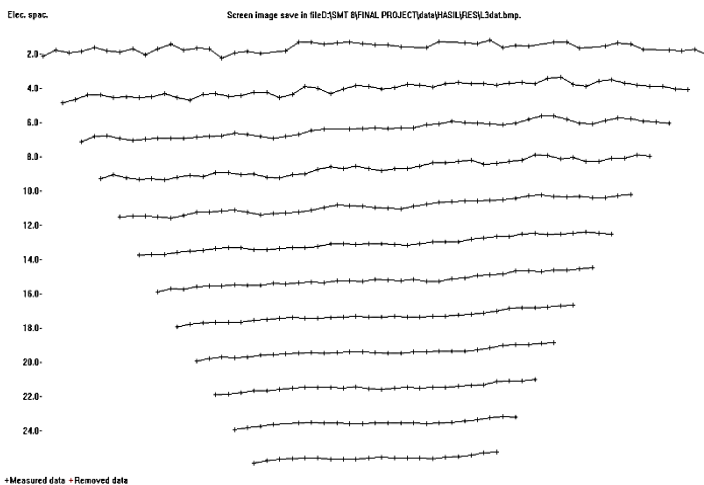
Datum Point Hasil Pengolahan Data Resistivitas Menggunakan *Software Res2dinv*



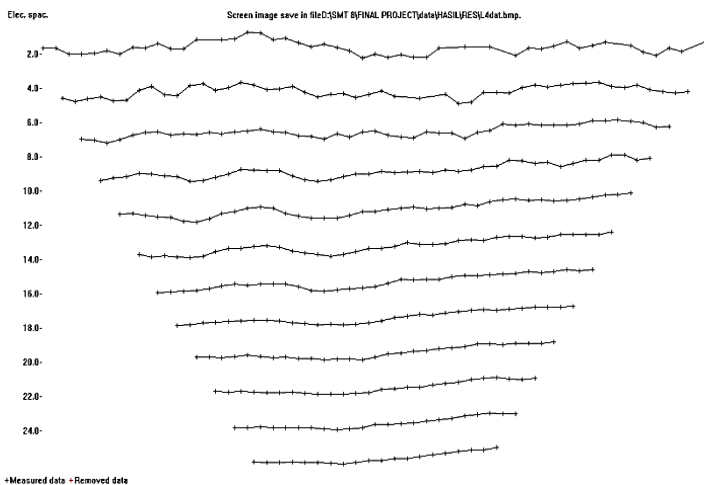
Gambar 7. Datum point penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 1



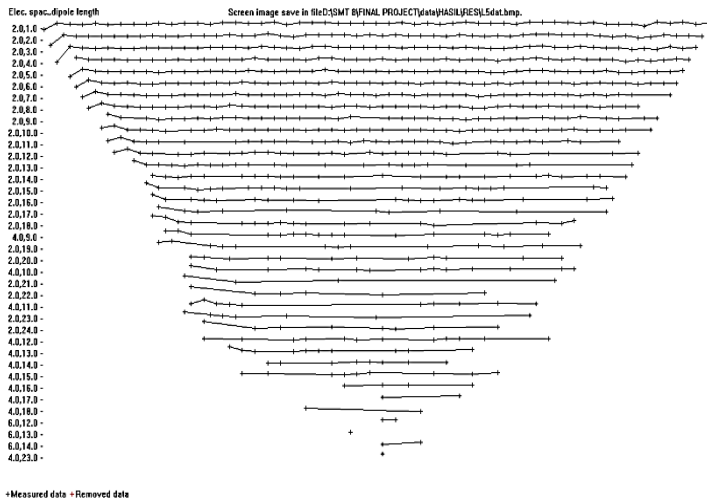
Gambar 8. Datum point penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 2



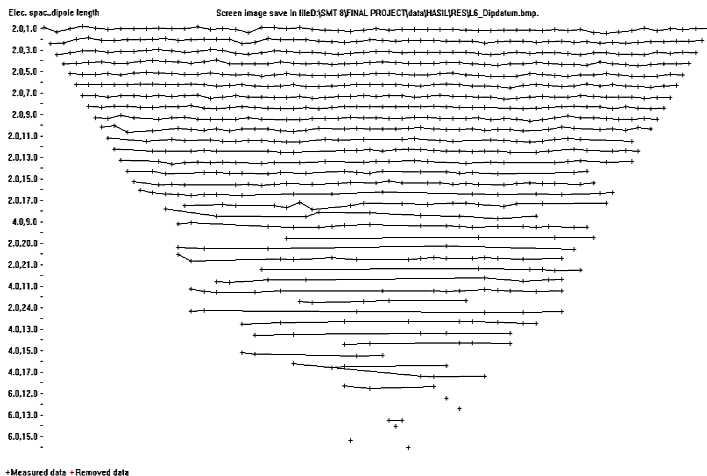
Gambar 9. *Datum point* penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 3



Gambar 10. *Datum point* penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 4



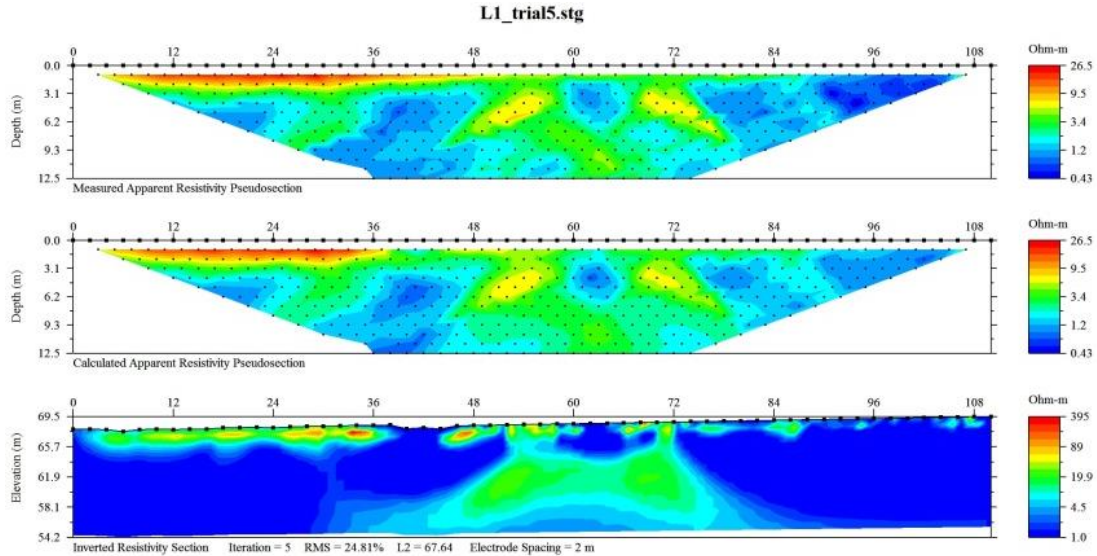
Gambar 11. *Datum point* penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 5



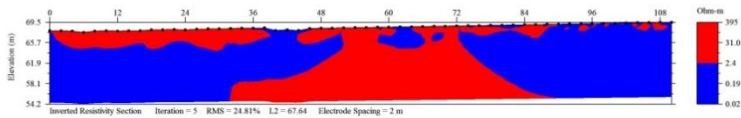
Gambar 12. *Datum point* penampang resistivitas 2D dengan Res2DInv pada lintasan 6

LAMPIRAN C

Hasil Pengolahan Data Resistivitas Menggunakan *Software* AGI EarthImager 2D

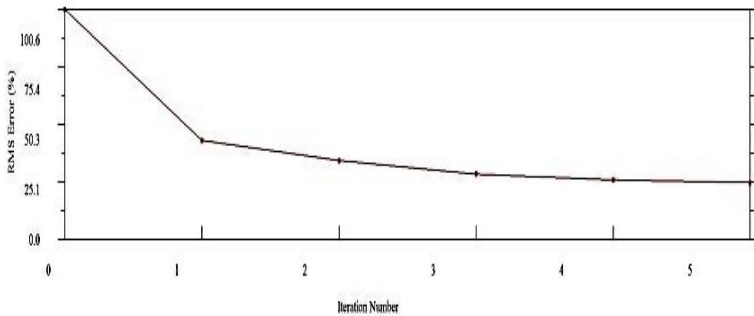


Gambar 13. Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 1



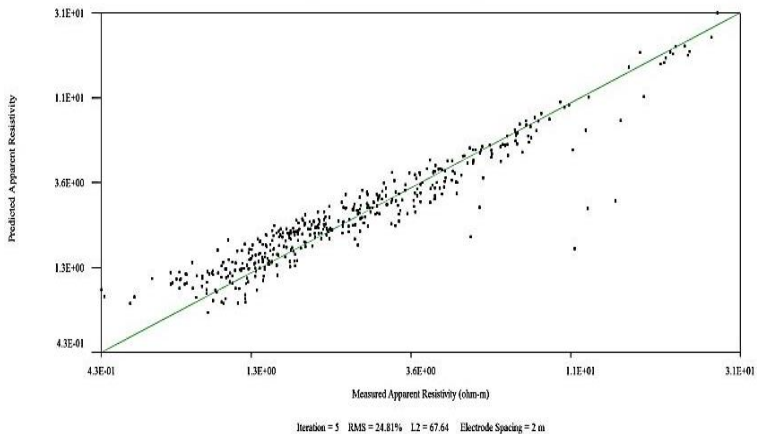
Gambar 14. Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 1

Convergence Curve of Resistivity Inversion

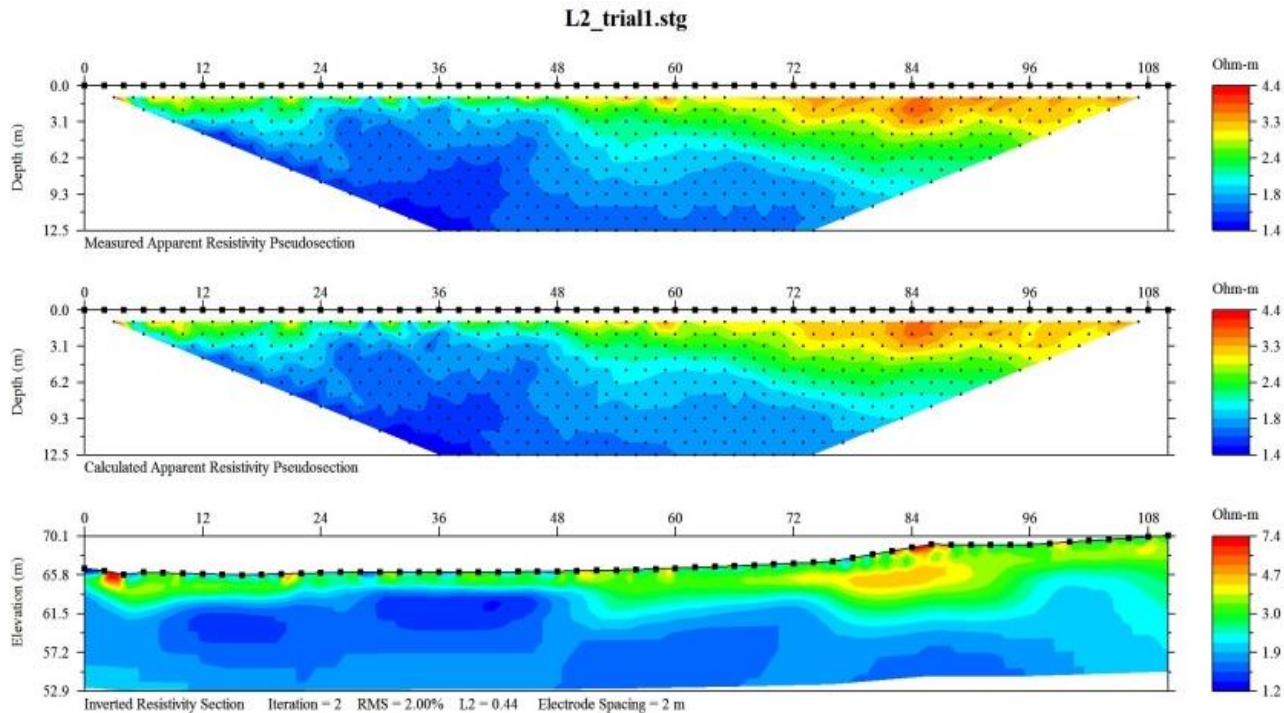


Gambar 15. Grafik *Convergence Curve of Resistivity Inversion* hasil inversi dengan AGI *EarthImager 2D* pada lintasan 1

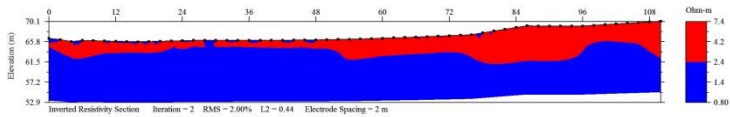
Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Res. Data



Gambar 16. Grafik *Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data* hasil inversi dengan AGI *EarthImager 2D* pada lintasan 1

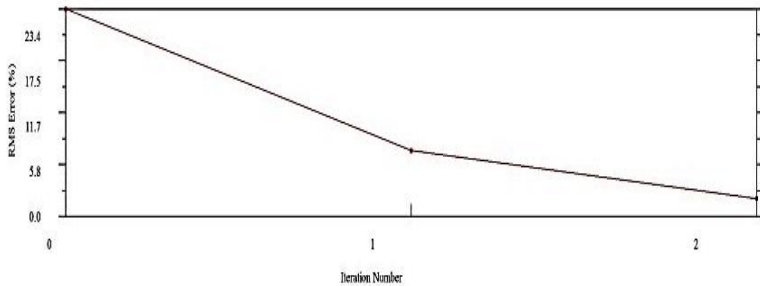


Gambar 17. Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 2



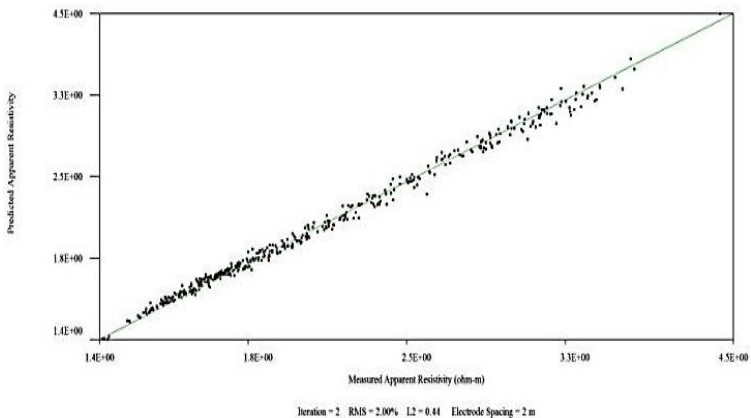
Gambar 18. Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 2

Convergence Curve of Resistivity Inversion

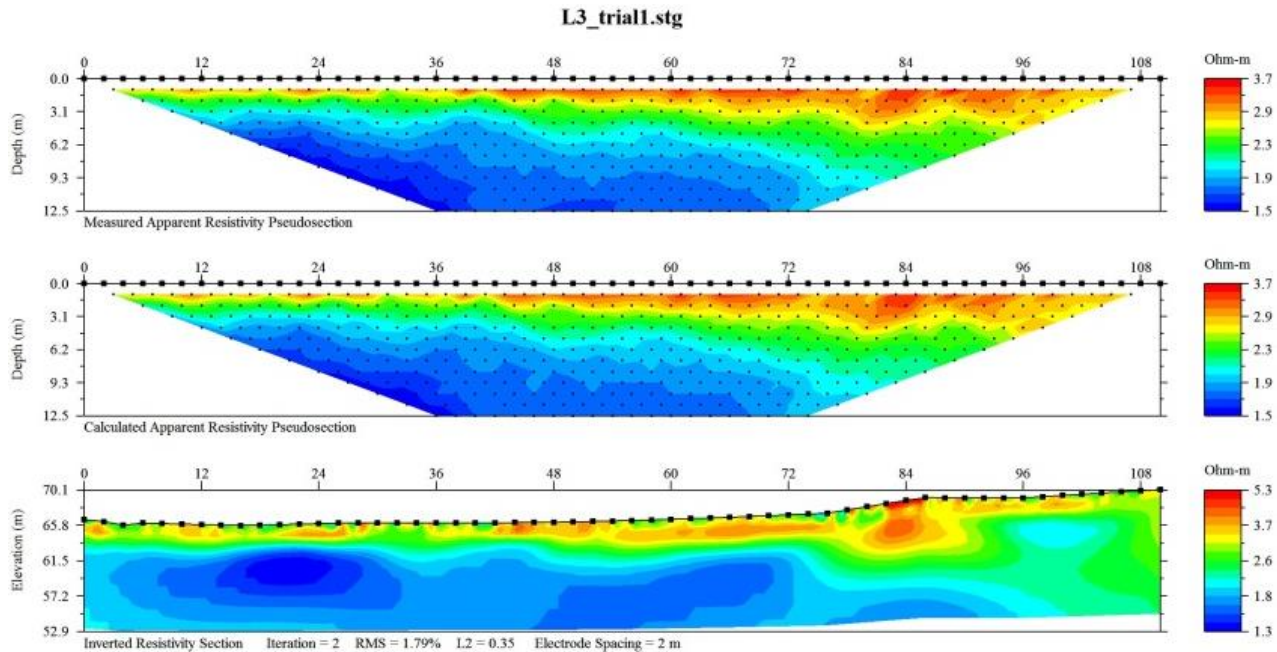


Gambar 19. Grafik *Convergence Curve of Resistivity Inversion* hasil inversi dengan *AGI EarthImager 2D* pada lintasan 2

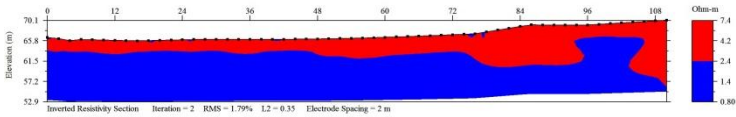
Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Res. Data



Gambar 20. Grafik *Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data* hasil inversi dengan *AGI EarthImager 2D* pada lintasan 2

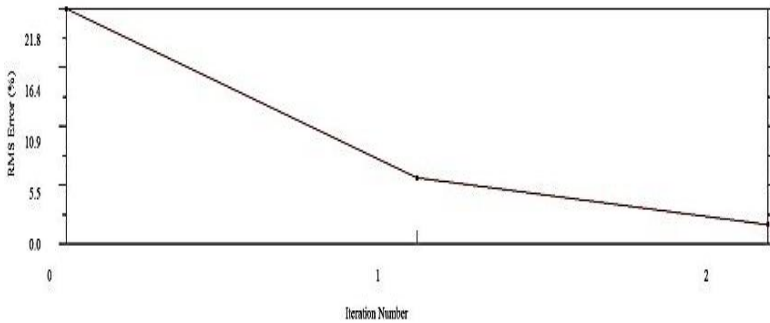


Gambar 21. Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 3



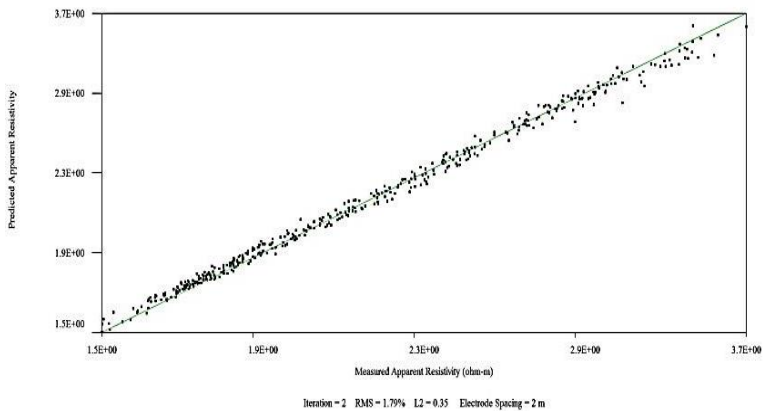
Gambar 22. Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 3

Convergence Curve of Resistivity Inversion

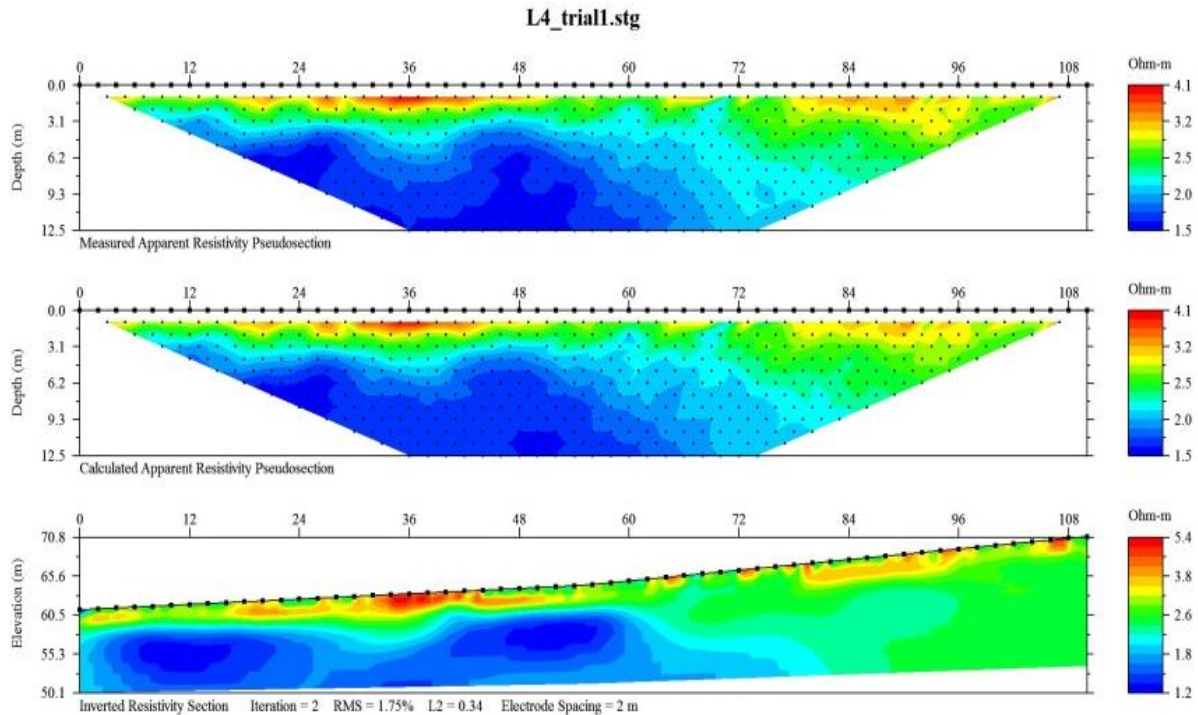


Gambar 23. Grafik *Convergence Curve of Resistivity Inversion* hasil inversi dengan AGI *EarthImager 2D* pada lintasan 3

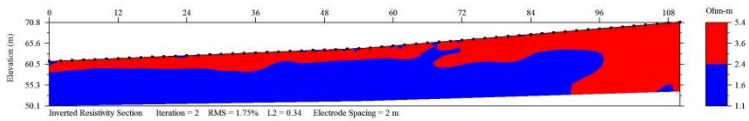
Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Res. Data



Gambar 24. Grafik *Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data* hasil inversi dengan AGI *EarthImager 2D* pada lintasan 3

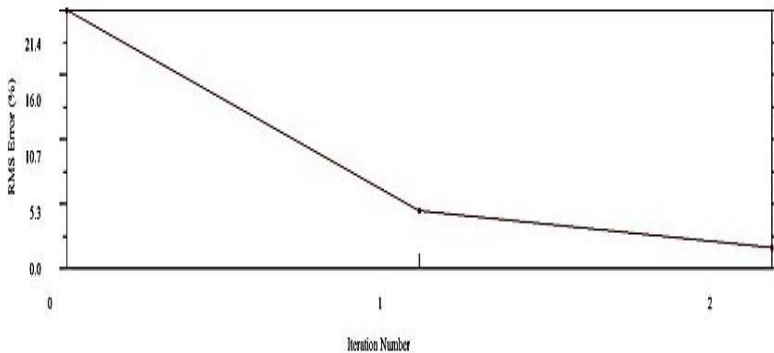


Gambar 25. Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 4



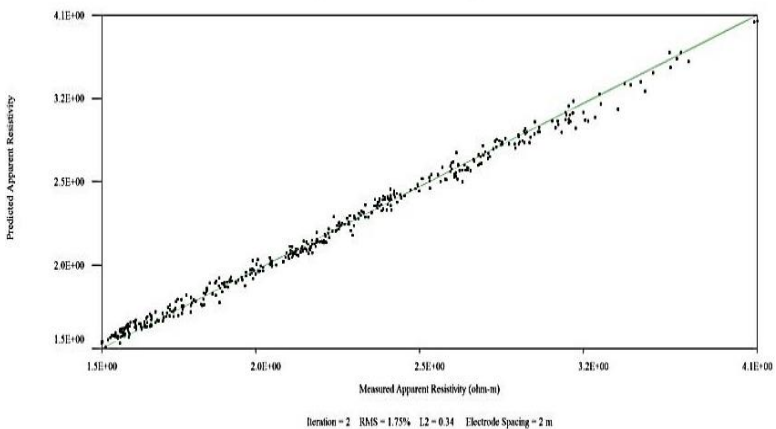
Gambar 26. Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 4

Convergence Curve of Resistivity Inversion

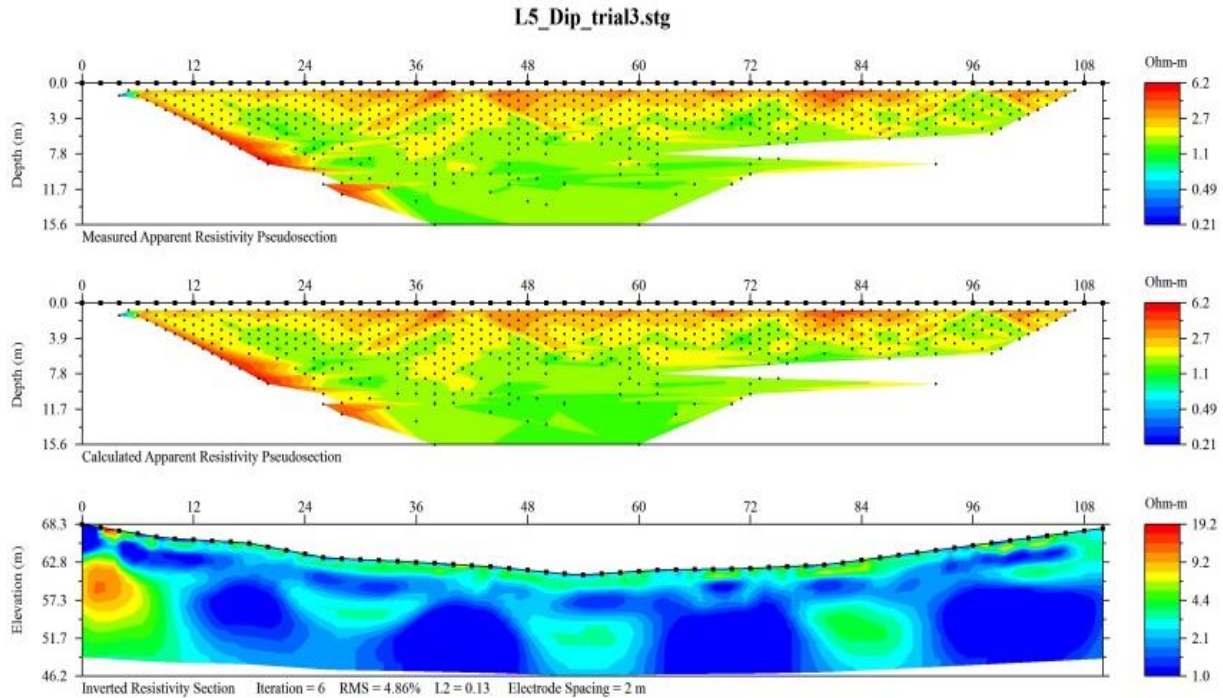


Gambar 27. Grafik *Convergence Curve of Resistivity Inversion* hasil inversi dengan AGI *EarthImager 2D* pada lintasan 4

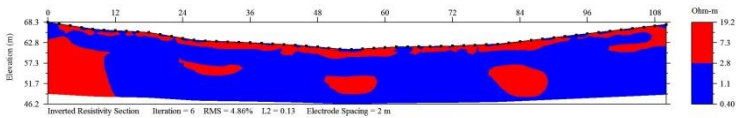
Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Res. Data



Gambar 28. Grafik *Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data* hasil inversi dengan AGI *EarthImager 2D* pada lintasan 4

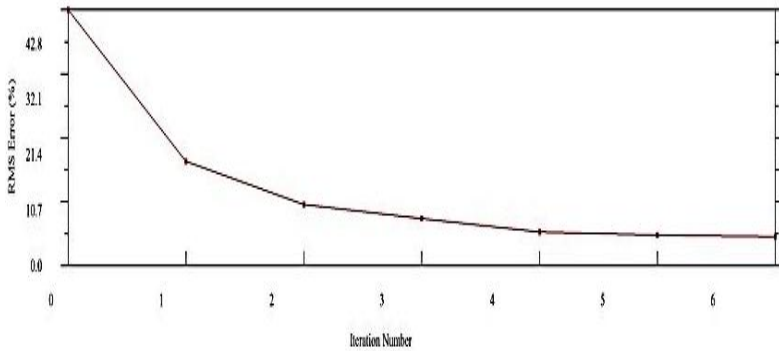


Gambar 29. Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 5



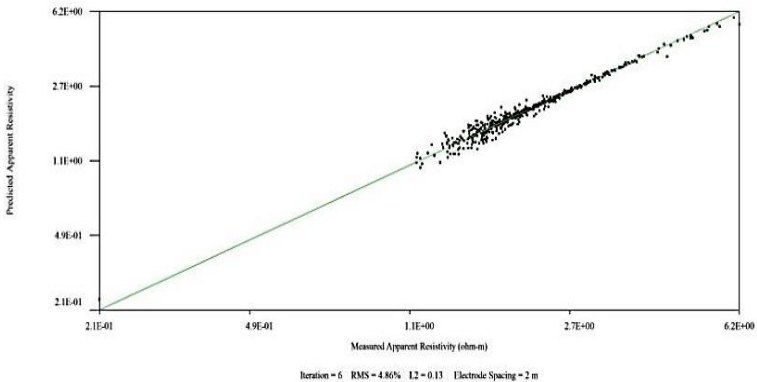
Gambar 30. Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 5

Convergence Curve of Resistivity Inversion

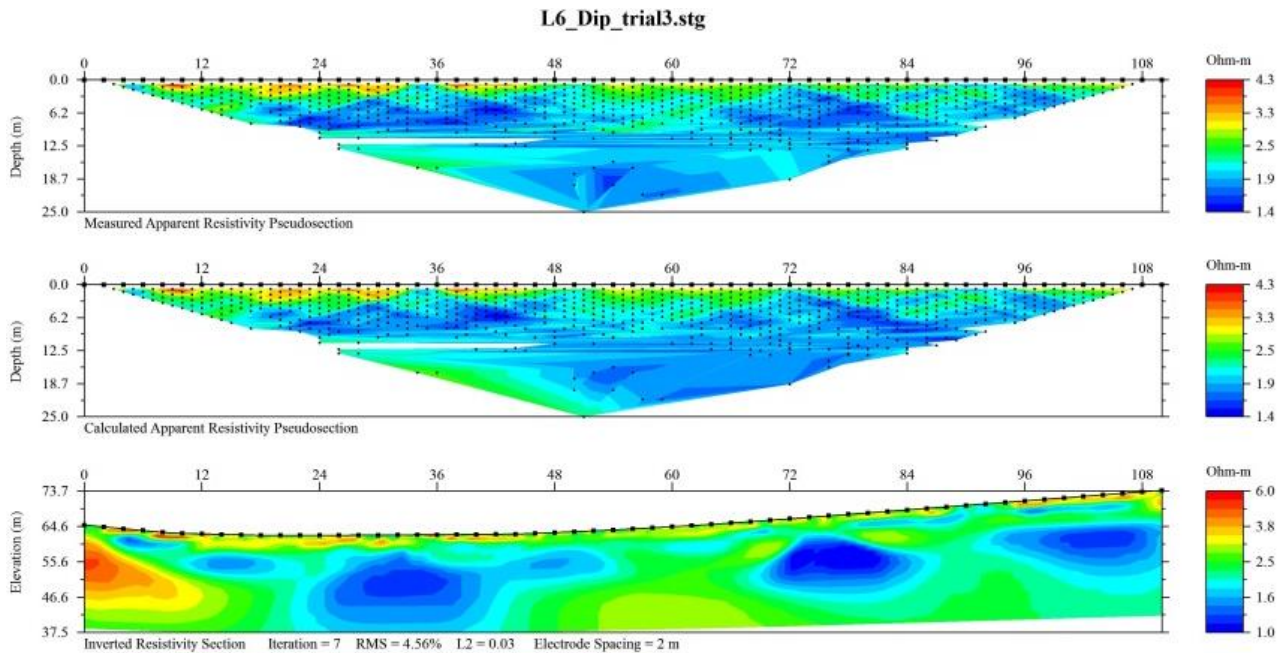


Gambar 31. Grafik *Convergence Curve of Resistivity Inversion* hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 5

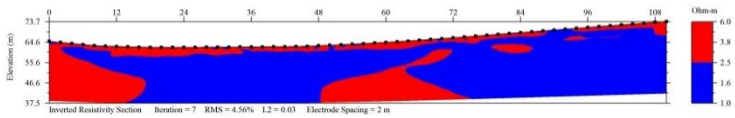
Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Res. Data



Gambar 32. Grafik *Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data* hasil inversi dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 5

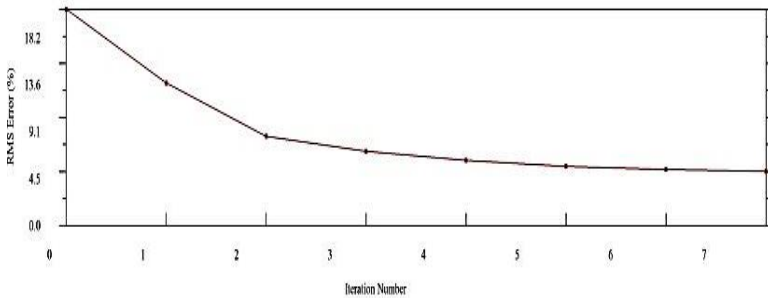


Gambar 33. Penampang resistivitas 2D dengan AGI EarthImager 2D pada lintasan 6



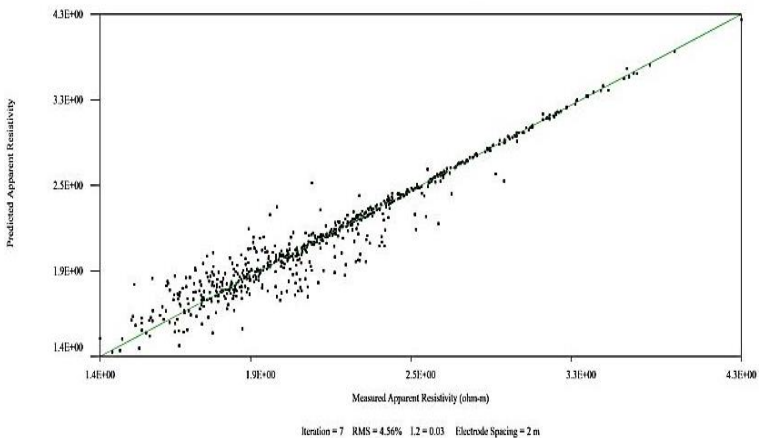
Gambar 34. Penampang resistivitas 2D dengan dua gradasi warna pada lintasan 6

Convergence Curve of Resistivity Inversion



Gambar 35. Grafik *Convergence Curve of Resistivity Inversion* hasil inversi dengan *AGI EarthImager 2D* pada lintasan 6

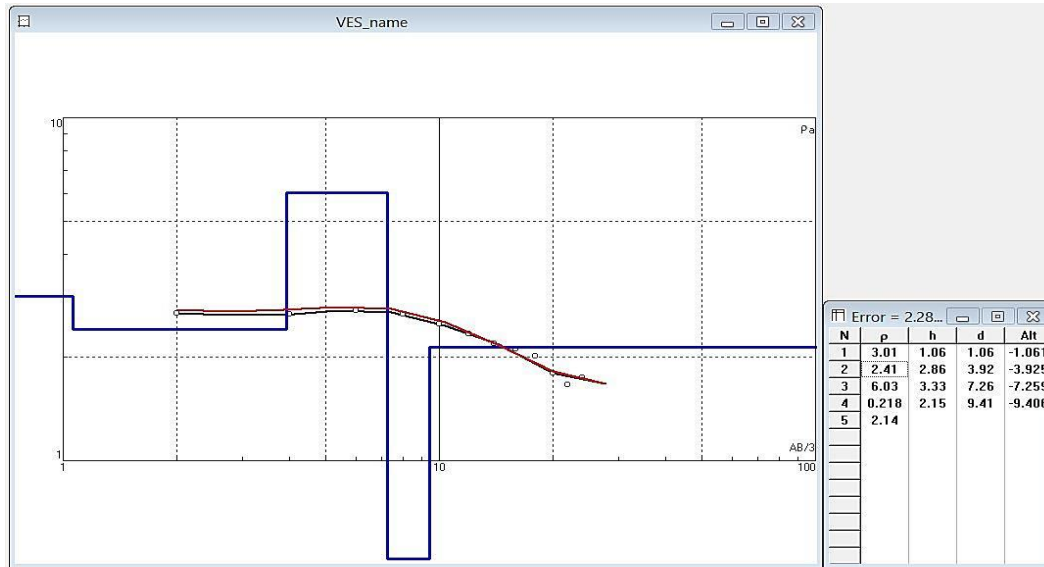
Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Res. Data



Gambar 36. Grafik *Crossplot of Measured vs Predicted Apparent Resistivity Data* hasil inversi dengan *AGI EarthImager 2D* pada lintasan 6

LAMPIRAN D

Pengolahan Data Dengan Perangkat Lunak IP2Win



Gambar 37. Hasil pengolahan data sounding dengan perangkat lunak IP2Win pada Lintasan 3

BIODATA PENULIS



Sekilas mengenai penulis yang bernama “Eka Yuliana” ini merupakan anak pertama dari 2 bersaudara yang lahir di Madiun pada 29 November 1994. Penulis menempuh pendidikan formalnya di TK Dharma Wanita Desa Babadan Lor, SDN Babadan, SMPN I Balerejo dan bersekolah di SMAN I Mejayan. Setamatnya dari sekolah menengah atas, penulis melanjutkan pendidikannya ke jenjang strata satu di Departemen Fisika, Fakultas FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Diterima dari jalur SNMPTN undangan jalur beasiswa Bidikmisi dengan NRP 1113100020. Selama berkuliah di Departemen Fisika ITS penulis aktif dalam organisasi yaitu sebagai staf ahli Departemen Entrepreneurship Development selama kepengurusan kabinet Ekspansi Karya Himpunan Mahasiswa Fisika ITS periode 2015-2016. Penulis juga mengikuti pelatihan pengembangan diri seperti LKMM Pra-TD dan beberapa forum komunikasi ilmiah tingkat institut lainnya.